

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS URUGUAYAS DE INSTALACIONES SOLARES TÉRMICAS

Marzo de 2014



ÍNDICE

01. GENERALIDADES ... 4
- 01.1 OBJETIVOS ... 4
- 01.2 ALCANCE ... 4
- 01.3 DESTINATARIOS ... 5

02. COMPONENTES Y MATERIALES ... 6
- 02.1 REQUISITOS GENERALES ... 6
- 02.2 COLECTORES ... 6
- 02.3 ACUMULADORES ... 7
- 02.4 INTERCAMBIADORES DE CALOR ... 9
- 02.5 BOMBAS DE CIRCULACIÓN ... 9
- 02.6 TUBERÍAS ... 10
- 02.7 VASOS DE EXPANSIÓN ... 10
- 02.8 VÁLVULAS Y ACCESORIOS ... 10
- 02.9 SISTEMAS PREFABRICADOS ... 11

03. CONFIGURACIONES ... 16
- 03.1 SISTEMAS Y CIRCUITOS DE LAS INSTALACIONES ... 16
- 03.2 CONFIGURACIONES DE LOS SISTEMAS PREFABRICADOS ... 17
- 03.3 CONFIGURACIONES DE LOS SISTEMAS A MEDIDA ... 19

04. CONDICIONES DE OPERACIÓN ... 21
- 04.1 TEMPERATURAS ... 21
- 04.2 PRESIÓN ... 22
- 04.3 ACCIÓN COMBINADA DE TEMPERATURA Y PRESIÓN ... 23
- 04.4 FLUIDOS DE TRABAJO ... 23
- 04.5 FLUJO INVERSO ... 24
- 04.6 DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN ... 24
- 04.7 SISTEMAS DE EXPANSIÓN ABIERTOS ... 28

05. INCORPORACIÓN DE LOS SST EN LAS EDIFICACIONES ... 29
- 05.1 SELECCIÓN Y DIMENSIONADO BÁSICO DE LA INSTALACIÓN ... 29
- 05.2 INTEGRACIÓN DE PEQUEÑOS SST EN LAS EDIFICACIONES ... 29
- 05.3 INTEGRACIÓN DE PEQUEÑOS SST EN LAS INSTALACIONES SANITARIAS ... 33
- 05.4 GENERALIZACIÓN DE LA INTEGRACIÓN DE LOS SST EN LA EDIFICACIÓN ... 37
- 05.5 GENERALIZACIÓN DE LA INTEGRACIÓN EN LA INSTALACIÓN SANITARIA ... 38
- 05.6 PREINSTALACIONES SOLARES ... 39

06. DISEÑO ... 43
- 06.1 SISTEMA DE CAPTACIÓN ... 43
- 06.2 SISTEMA DE ACUMULACIÓN ... 45
- 06.3 SISTEMA DE INTERCAMBIO ... 47
- 06.4 CIRCUITO HIDRÁULICO ... 48
- 06.5 SISTEMAS DE MEDIDA ... 53
- 06.6 AISLAMIENTO TÉRMICO ... 56
- 06.7 SISTEMA ELÉCTRICO Y DE CONTROL ... 57



07. CALCULO 59
07.1 PARÁMETROS DE DEMANDA O DE USO 59
07.2 CÁLCULO DEL CONSUMO DE ENERGÍA TÉRMICA 62
07.3 PARÁMETROS CLIMÁTICOS 64
07.4 MÉTODOS DE CÁLCULO UTILIZABLES 64
07.5 MÉTODO DE CÁLCULO F-CHART 64

08. MONTAJE 66
08.1 CONDICIONES DE MONTAJE 66
08.2 REPLANTEO DE LA INSTALACIÓN 66
08.3 REQUISITOS GENERALES 66
08.4 MONTAJE DE SUBSISTEMAS 67
08.5 VERIFICACIÓN DE LA INSTALACIÓN 68

09. PRUEBAS, PUESTA EN MARCHA Y RECEPCIÓN 69
09.1 PRUEBAS DE CIRCUITOS 69
09.2 LLENADO, PURGA Y PRESURIZACIÓN 70
09.3 PUESTA EN MARCHA 72
09.4 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO 73
09.5 RECEPCIÓN 75

10. OPERACIÓN, USO Y MANTENIMIENTO 76
10.1 MANUAL DE INSTRUCCIONES 76
10.2 CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO. 76
10.3 RECOMENDACIONES DE USO E INSTRUCCIONES DE SEGURIDAD. 76
10.4 PLAN DE VIGILANCIA 78
10.5 PROGRAMA DE MANTENIMIENTO 80

11. APLICACIONES DE USO INDUSTRIAL 82
11.1 PARTICULARIDADES PARA LAS APLICACIONES DE USO INDUSTRIAL 82
11.2 CONDICIONES DE CONTORNO Y DATOS DE PARTIDA 82
11.3 CÁLCULO 82
11.4 CONFIGURACIONES DE LAS INSTALACIONES 83
11.5 DISEÑO Y DIMENSIONADO DE SISTEMAS Y COMPONENTES 83

12. CALENTAMIENTO DE PISCINAS 84
12.1 PARTICULARIDADES SOBRE EL CALENTAMIENTO DE PISCINAS 84
12.2 CÁLCULO DE PISCINAS CUBIERTAS 84
12.3 CONFIGURACIÓN DE LAS INSTALACIONES 86
12.4 DISEÑO Y DIMENSIONADO DE SISTEMAS Y COMPONENTES. 87

13. DOCUMENTACIÓN Y FORMATOS 88
13.1 DOCUMENTACIÓN DE PROYECTO 88
13.2 FORMATOS RECOMENDADOS 91
13.3 DOCUMENTOS DE REFERENCIA 105

14. DATOS, DEFINICIONES Y ABREVIATURAS 107
14.1 TABLAS DE TEMPERATURAS Y RADIACIÓN 107
14.2 DEFINICIONES 111
14.3 ABREVIATURAS Y ACRÓNIMOS 114



01. GENERALIDADES

1. El objeto del documento es fijar las condiciones técnicas mínimas que deben cumplir las instalaciones solares térmicas para calentamiento de agua, especificando los requisitos de seguridad, eficiencia, calidad, fiabilidad y durabilidad.
2. Estas Especificaciones Técnicas Uruguayas (en lo que sigue, ETUS) pueden ser utilizadas como referencia en cualquier normativa, proyecto o instalación que se realice en Uruguay.

01.1 OBJETIVOS

1. El objetivo principal de las ETUS es que todas las instalaciones de energía solar térmica funcionen correctamente a lo largo de toda su vida útil y que ésta sea lo más larga posible.
2. El segundo objetivo es que se puedan utilizar como referencia para resolver la gestión técnica de los trámites que las instalaciones deben cumplir y todos los aspectos relacionados con la normativa vigente.
3. Para conseguir sus objetivos, se proporcionan criterios y se establecen requisitos para todo el proceso de la instalación: diseño, cálculo, selección de componentes, montaje, operación, uso y mantención.
4. Las ETUS incluyen requisitos mínimos que son de obligado cumplimiento (marcados en rojo y subrayados) y recomendaciones técnicas que son de cumplimiento voluntario.
5. Para solucionar y simplificar la gestión técnica y administrativa, se utilizan formularios únicos que incorporan toda la información técnica de la instalación.
6. El uso de estas especificaciones en cada una de las fases de la instalación permitirá que la información básica tenga un mismo formato y que los trabajos necesarios para aprobarlos, revisarlos, supervisarlos, etc. se vean muy simplificados.

01.2 ALCANCE

1. Las ETUS es un documento técnico para aplicaciones de agua caliente sanitaria. El calentamiento del agua del vaso de piscinas se añade, en un capítulo específico, como un proceso complementario al de la instalación de agua caliente sanitaria. Asimismo, se configura un capítulo exclusivamente destinado al calentamiento de agua para procesos industriales.
2. Son de aplicación a instalaciones solares térmicas de baja temperatura de cualquier tamaño.
3. Las ETUS son aplicables tanto a sistemas solares a medida como a sistemas prefabricados que son definidos en las Normas UNIT 1185 y 1195:
   - Los sistemas a medida son aquellos sistemas construidos de forma única, o montados eligiéndolos de una lista de componentes. Los sistemas de esta categoría se consideran como un conjunto de componentes. Los componentes se ensayan de forma separada y los resultados de los ensayos se integran en una evaluación del sistema completo.
   - Los sistemas prefabricados son lotes de productos con una marca comercial, que se venden como equipos completos y listos para su instalación, con configuraciones fijas. Los sistemas de esta categoría se consideran como un solo producto y se evalúan como un todo. Si un sistema prefabricado se modifica cambiando su configuración o cambiando uno o más de sus componentes, el sistema modificado es considerado como un nuevo sistema, para el cual es necesario un nuevo informe de ensayo.
4. En cualquiera de los casos, sólo se admitirán sistemas indirectos; es decir, no se permitirán aquellos casos en los que el agua de consumo pueda circular directamente por los colectores solares.
5. En los sistemas prefabricados la circulación puede ser natural (termosifón) o forzada, mientras que en los sistemas a medida solamente podrá ser de tipo forzada.
6. Existe la posibilidad, para facilitar el desarrollo tecnológico y fomentar la innovación, que se puedan hacer excepciones en los requisitos obligatorios. Esos casos deberán ser expresamente aprobados por parte de la Dirección Nacional de Energía (DNE) y se le solicitará aportando la documentación y pruebas que justifiquen la excepcionalidad pero aseguren el buen funcionamiento de la instalación y unas prestaciones mejores, o equivalentes, a las previstas.



01.3 DESTINATARIOS

1. Estas ETUS están dirigidas a todos los técnicos que estén involucrados en cualquiera de las actividades del sector (promoción, arquitectura, ingeniería, fabricación, distribución, instalación, supervisión, mantenimiento, etc.), incluyendo a los técnicos de las Administraciones y Entidades Públicas.
2. Especialmente son destinatarios de estas especificaciones los Responsables Técnicos de Instalaciones (RTI), definidos en el Artículo 13 del Decreto del Poder Ejecutivo Nº 451-011, que deberán aplicarlas en todas las actividades que puedan desarrollar:
   - Realizar anteproyecto o proyecto de la instalación
   - Diseñar bases técnicas para licitaciones y ofertas
   - Asesorar al usuario en la evaluación técnica y económica de propuestas
   - Supervisar la ejecución y realizar el control de calidad del montaje
   - Entregar la instalación al usuario junto con toda la documentación
   - Realizar el seguimiento y evaluación de resultados
   - Controlar las condiciones de mantenimiento, garantía y seguros.
   - Incorporar datos al registro de instalaciones.
   - Emitir informes sobre el estado y el funcionamiento de la instalación
3. También son destinatarios los Responsables Técnicos de Equipamiento (RTE), referenciados en los literales e) del Artículo 11 y d) del Artículo 12 del Decreto del Poder Ejecutivo Nº 451-011, que deberán respetarlas en las actividades que les sean de aplicación.
4. Para dar uniformidad a la documentación de la instalación, se deberá utilizar el documento denominado Memoria Técnica (en lo que sigue, MT) que incluye toda la información que debe haberse empleado a lo largo del proyecto. En el capítulo 13 se aporta mayor detalle sobre esta información y el formato de MT a utilizar.



02. COMPONENTES Y MATERIALES

02.1 REQUISITOS GENERALES

1. La MT especificará todas las características de cada uno de los componentes de acuerdo con los formatos incorporados en el capítulo 13 o con las fichas técnicas de los fabricantes.
2. Los datos que se utilicen, que estarán suficientemente documentados, deberán proceder de ensayos de certificación o de información respaldada con solvencia suficiente.
3. Toda la información que acompaña a los equipos deberá expresarse, al menos, en español y en unidades del Sistema Internacional.
4. Todos los componentes deberán cumplir la normativa vigente que les sea de aplicación y dispondrán de los certificados correspondientes o, cuando se sustituya el cumplimiento de normas por requisitos provisionales, la documentación establecida que lo justifique.
5. Todos los componentes, materiales y accesorios de la instalación deberán estar preparados para resistir las condiciones de presión y temperatura extremas a las que pueden estar sometidos. Estas condiciones de trabajo, para cada uno de los circuitos se definirán de acuerdo con los contenidos del capítulo 04.
6. Todos los componentes materiales y accesorios que se instalen al exterior deberán estar expresamente diseñados y preparados para resistir las condiciones exteriores a las que vayan a estar expuestos: rayos UV, oxidación por acción combinada de agua y aire, etc.
7. Todos los materiales deberán ser compatibles con los fluidos de trabajo que puedan contener; especial precaución se tendrá con los materiales en contacto con el agua caliente sanitaria a la que no podrán contaminar.

02.2 COLECTORES

1. El sistema de captación podrá estar constituido por colectores solares planos o por colectores de tubos de vacío que cumplan la normativa vigente o, alternativamente, los requisitos provisionales establecidos en 02.2.1. Adicionalmente, y en cualquiera de los casos, también deben cumplir los requisitos adicionales indicados en 02.2.2 que les sean de aplicación.
2. Para acreditar el cumplimiento de la normativa vigente, el colector solar deberá disponer del certificado de conformidad con las siguientes normas UNIT:
   - Requisitos generales UNIT 705. Sistemas solares térmicos y componentes. Colectores solares, requisitos.
   - Ensayos de rendimiento UNIT-ISO 9806-1. Métodos de ensayo para colectores solares. Parte 1: Desempeño térmico de colectores con vidrio de calentamiento líquido considerando caída de presión
   - Ensayos de calificación UNIT-ISO 9806-2. Métodos de ensayos para colectores solares. Parte 2: Procedimientos de ensayo de calificación.
3. Los datos para la caracterización térmica, hidráulica y mecánica del colector solar deberán proceder de los resultados del ensayo o de fuentes de acreditada solvencia.

02.2.1 Requisitos provisionales

1. Los requisitos provisionales para colectores solares planos serán los siguientes:
   - El espesor del vidrio deberá ser mayor o igual a 3 mm.
   - Las juntas elásticas deberán ser resistentes a las condiciones exteriores.
   - La caja o carcasa del colector, incluido el cerramiento posterior, no será afectada por las condiciones exteriores y será compatible con los materiales con los que esté en contacto.
2. Los requisitos provisionales para colectores de tubos de vacío serán los siguientes:
   - Las juntas elásticas deberán ser resistentes a las condiciones exteriores.
   - El material de los tubos será de vidrio al borosilicato.
   - Construidos con dos tubos de vidrio concéntricos.
   - Vacío en la cámara entre los tubos con presión inferior a 5.10^{-3} kPa.
   - Espesor de vidrio del tubo exterior no inferior a 2 mm. para diámetro de tubo de 58 mm y a 1,8 mm para diámetro de tubo de 47 mm.

02.2.2 Requisitos adicionales

1. Los requisitos adicionales para colectores solares planos serán los siguientes:
   - La cubierta del colector deberá ser de vidrio templado. No se admiten cubiertas de ningún material plástico.
   - El absorbedor deberá ser de material metálico.
   - El circuito hidráulico del colector deberá ser metálico, pero no de aluminio, y debe estar firmemente unido al absorbedor.
   - El circuito hidráulico del absorbedor del colector en sistemas termosifón no podrá ser del tipo serpentín.
   - El aislamiento posterior del colector tendrá un espesor mínimo de 30 mm para un material de conductividad 0,040 W/mK o equivalente.
2. No existen requisitos adicionales para colectores de tubos de vacío.

02.2.3 Estructura soporte y sujeción del colector

1. La estructura soporte cumplirá todos los requisitos establecidos en la normativa vigente y dispondrá de un certificado de resistencia o de seguridad estructural, realizado por técnico competente conforme a la legislación Uruguaya, que garantice su estabilidad frente a todas las acciones a las que pueda estar sometida. En particular, la acción del viento estará determinada conforme a la norma UNIT 50.
2. Todos los materiales de la estructura soporte deben ser resistentes a la acción de los agentes ambientales o deben ser protegidos de los mismos, en particular contra el efecto de la radiación solar y la acción combinada del aire y el agua
3. Las estructuras de acero deben protegerse mediante galvanizado por inmersión en caliente, pinturas orgánicas de zinc o tratamientos anticorrosivos equivalentes.
4. La realización de taladros en la estructura se deberá llevar a cabo antes de proceder al galvanizado o protección de la estructura.
5. La tornillería y piezas auxiliares deberán estar protegidas por galvanizado o cincado, o bien serán de acero inoxidable.

02.3 ACUMULADORES

1. Los acumuladores solares deben cumplir la normativa vigente o, alternativamente, los requisitos provisionales establecidos en 02.3.1. Adicionalmente, y en cualquiera de los casos, también deben cumplir los requisitos adicionales indicados en 02.3.2 que les sean de aplicación.
2. Para acreditar el cumplimiento de la normativa vigente, el acumulador solar deberá disponer del certificado de conformidad con la norma UNIT 1195.

02.3.1 Requisitos provisionales

1. Las condiciones extremas que soportan los acumuladores serán definidas por el fabricante:
   - La presión máxima de trabajo (en bar).
   - La temperatura máxima de trabajo (en ºC).
2. La presión máxima se justificará por el cumplimiento del ensayo de resistencia a presión previsto en la norma UNIT 1195 o equivalente.
3. Para la caracterización térmica del acumulador solar se utilizarán los criterios establecidos en este apartado y, para definirlos, se tendrán en cuenta las características y situación de las conexiones de entrada y salida con los requisitos del apartado A) y las pérdidas térmicas del acumulador de acuerdo con los requisitos del apartado B).

A) CONEXIONES DE ENTRADA Y SALIDA

1. En acumuladores verticales, el punto final de la tubería de entrada de agua caliente del intercambiador o de los colectores al acumulador se localizará por la parte superior de éste, preferentemente a una altura comprendida entre el 50% y el 75% de la altura total del acumulador.

2. El punto final de la tubería de salida de agua fría del acumulador hacia el intercambiador o los colectores se realizará por la parte inferior de éste, preferentemente a una altura comprendida entre el 5% y el 10% de la altura total del acumulador.
3. El serpentín incorporado al acumulador solar se situará en la parte inferior del mismo, preferentemente entre el 10% y el 60% de la altura total del acumulador. En este caso no es necesario que el punto final de entrada de agua caliente se localice en la parte superior de éste.
4. En los acumuladores horizontales las tomas de agua caliente y fría estarán situadas en extremos diagonalmente opuestos de forma que se eviten caminos preferentes de circulación del fluido.
5. La alimentación de agua fría al acumulador solar se realizará por la parte inferior, alcanzando el punto final de la tubería una altura máxima del 10% de la altura total del acumulador. Esta alimentación de agua fría, debería estar equipada con un sistema que evite que la velocidad de entrada del agua destruya la estratificación en el acumulador.
6. La extracción de agua caliente del acumulador solar se realizará por la parte superior a una altura comprendida entre el 90% y el 100% de la altura total del acumulador. Se recomienda que la salida de agua del acumulador se realice por un lateral y que esa toma llegue hasta la parte más alta mediante un tubo interior.

B) PÉRDIDAS TÉRMICAS DEL ACUMULADOR

1. El aislamiento térmico será el necesario para justificar el cumplimiento de las pérdida térmicas máximas establecidos en el apartado 6.3.7 de la norma UNIT 1195 o, alternativamente, tendrá un espesor mínimo de 50 mm para un material de conductividad 0,040 W/mK o equivalente.

02.3.2 Requisitos adicionales

1. El acumulador llevará una placa de identificación situada en lugar claramente visible y escrita con caracteres indelebles en la que aparecerán, entre otros, los siguientes datos:
   - Nombre y señas de identificación del fabricante
   - Marca y modelo
   - Año y número de fabricación.
   - Volumen (en litros)
   - Presión máxima de trabajo (en bar)
   - Temperatura máxima de trabajo (en ºC)
2. Los datos anteriores, alternativa o complementariamente, deberán estar incorporados en la documentación técnica del acumulador facilitada por el fabricante.
3. En los acumuladores destinados a contener agua caliente sanitaria para el sector residencial, la presión máxima de trabajo no será inferior a 6 bar.
4. Los acumuladores vendrán equipados de fábrica con las bocas necesarias soldadas antes de efectuar el tratamiento de protección interior.
5. El material del cuerpo interior de los acumuladores de agua caliente sanitaria podrá ser de:
   - Acero con tratamiento interior vitrificado
   - Acero con tratamiento de protección interior mediante resinas epoxi o equivalente.
   - Acero inoxidable (de calidad AISI 316 L o similar)
   - Acumuladores de cobre
6. Todos los acumuladores, excepto los de cobre, se protegerán siempre frente a la corrosión mediante protecciones activas permanentes (protección catódica) o mediante protecciones pasivas recambiables (ánodo de sacrificio)
7. El material aislante situado a la intemperie deberá protegerse adecuadamente frente a los agentes atmosféricos de forma que se evite su deterioro; como protección del material aislante se podrá utilizar una cubierta o revestimiento protegido con pinturas asfálticas o poliésteres reforzados con fibra de vidrio. También podrá ser de chapa metálica de acero inoxidable, de aluminio anodizado o acero cincado y lacado. La envolvente exterior tendrá el espesor y las características constructivas necesarias para resistir y evitar abolladuras.
8. En el caso de equipos no situados a la intemperie, y que no requieran protección mecánica, podrán usarse forros de telas plásticas como protección del material aislante o pinturas plásticas compatibles con el material aislante.



9. Para los acumuladores utilizados al exterior, la envolvente exterior tendrá el espesor y las características constructivas necesarias para garantizar su resistencia estructural, para evitar abolladuras y será compatible con el resto de materiales con los que esté en contacto. Al exterior no podrán usarse forros de telas plásticas como protección del material aislante.
10. Los acumuladores mayores de 750 litros dispondrán de una boca de hombre con un diámetro mínimo de 400 mm., fácilmente accesible, que permita la inspección adecuada del interior.
11. Los acumuladores de las instalaciones de energía solar pueden disponer de uno o más intercambiadores de calor incorporados. En estos casos se denominarán interacumuladores y deberán cumplir, además de los requisitos establecidos para el acumulador, los correspondientes a los intercambiadores incorporados que se establecen en el apartado 02.4.2.

02.4 INTERCAMBIADORES DE CALOR

1. El intercambiador de calor debe cumplir, además de la normativa vigente que le sea de aplicación, los requisitos establecidos en los apartado 02.4.1 y 02.4.2.
2. El material en contacto con el agua caliente sanitaria será cobre, acero inoxidable o titanio.

02.4.1 Intercambiadores externos

1. Los datos del intercambiador incluidos en la documentación técnica facilitada por el fabricante, y que se podrán incorporar en una placa de identificación situada en lugar claramente visible y escrita con caracteres indelebles, serán, al menos, los siguientes:
   - Nombre y señas de identificación del fabricante
   - Marca y modelo
   - Presión máxima de trabajo (en bar)
   - Temperatura máxima de trabajo (en ºC)
   - Número de placas, superficie de intercambio y/o valores identificativos del tamaño
   - Potencia nominal
   - Caudal y pérdida de carga nominal en primario y secundario
   - Salto de temperatura nominal en primario y secundario
2. Los intercambiadores normalmente son de placas, desmontables o electrosoldadas, pero también pueden ser de otros tipos: carcasa y tubos, tubulares u otros.

02.4.2 Intercambiadores incorporados

1. Los datos del intercambiador aparecerán en la placa de identificación del interacumulador o en la documentación técnica. Se indicarán, además de los datos del acumulador, los siguientes:
   - Área de intercambio térmico (en m2)
   - Presión máxima de trabajo del circuito primario (en bar)
   - Temperatura máxima de trabajo del circuito primario (en ºC)
2. Se podrán utilizar intercambiadores de serpentín, de doble envolvente o de baño interior.
3. Para los acumuladores utilizados en equipos termosifón, el diseño y la pérdida de carga del intercambiador de calor del circuito de calentamiento facilitará la circulación natural.

02.5 BOMBAS DE CIRCULACIÓN

1. La bomba de circulación llevará una placa de identificación situada en lugar claramente visible y escrita con caracteres indelebles en las que aparecerán los siguientes datos:
   - Nombre y señas de identificación del fabricante
   - Marca y modelo
   - Presión máxima de trabajo (en bar)
   - Temperatura máxima de trabajo (en ºC)
   - Características de alimentación y de potencia eléctricas
2. Las bombas de circulación podrán ser de rotor seco o húmedo.
3. Los materiales de la bomba del circuito primario serán compatibles con el fluido de trabajo utilizado.

4. En circuitos de agua caliente sanitaria, los materiales de la bomba serán resistentes a la corrosión y a las incrustaciones calcáreas (bronce, acero inoxidable, etc.)

02.6 TUBERÍAS

1. En el circuito primario de la instalación solar podrán utilizarse tuberías de cobre, de acero negro o de acero inoxidable compatible con el fluido que utilizan, que soporten las condiciones extremas de funcionamiento en función de su ubicación. No se deben utilizar tuberías de material plástico en el circuito primario.
2. En los circuitos de agua caliente sanitaria (secundario y de consumo) podrán utilizarse cobre y acero inoxidable. Sólo podrán utilizarse materiales plásticos que soporten las condiciones extremas de presión y temperatura en la parte del circuito donde vayan a ser instalados y que estén autorizadas por la normativa vigente.
3. Las tuberías de cobre serán tubos estirados en frío y sus uniones serán realizadas por accesorios a presión que soporten las condiciones extremas o mediante soldadura por capilaridad. Se realizará soldadura fuerte cuando la temperatura del circuito pueda superar en algún momento los 125ºC.
4. Cuando sea imprescindible utilizar materiales diferentes en el mismo circuito se tomarán las medidas necesarias en función de las características del circuito, del fluido de trabajo y de los materiales de las tuberías.

02.7 VASOS DE EXPANSIÓN

1. Los vasos de expansión serán siempre cerrados. Se admitirán sistemas de expansión abiertos cuando expresamente estén autorizados por la DNE y se cumplan los requisitos del apartado 4.7
2. El vaso de expansión llevará una placa de identificación situada en lugar claramente visible y escrita con caracteres indelebles en las que aparecerán los siguientes datos:
   - Nombre y señas de identificación del fabricante
   - Marca y modelo
   - Volumen total (en litros)
   - Presión máxima de trabajo (en bar)
   - Temperatura máxima de trabajo (en ºC)
3. Se recomienda que los vasos de expansión utilizados en los circuitos primarios tengan una temperatura máxima de funcionamiento superior a 100ºC pero, en cualquier caso, se adoptarán las medidas necesarias (vaso tampón, tubería de enfriamiento, etc.) para que no llegue al vaso fluido a temperatura superior a la que el mismo pueda soportar.
4. En casos de fugas, los vasos de expansión deberían presurizarse con nitrógeno puro. El uso de aire no es aconsejable porque puede reducir la vida útil.
5. Los vasos de expansión instalados a la intemperie deben estar expresamente diseñados para ello.

02.8 VÁLVULAS Y ACCESORIOS

02.8.1 Generalidades

1. Las válvulas llevarán impreso de forma indeleble el diámetro nominal, la presión nominal y, si procede, la presión de ajuste.
2. La elección de las válvulas se realizará, de acuerdo con la función que desempeñan y las condiciones extremas de funcionamiento siguiendo los siguientes criterios:
   - Para aislamiento: válvulas de esfera.
   - Para equilibrado: válvulas de asiento, de presión diferencial, manuales o automáticas.
   - Para vaciado: válvulas de esfera o de macho.
   - Para llenado: válvulas de esfera.
   - Para purga de aire: válvulas de esfera o de macho.
   - Para seguridad: válvula de muelle o de resorte.
   - Para antirretorno o de retención: válvulas de bola, de resorte, de clapeta, etc.
3. No se permitirá la utilización de válvulas esclusas o de compuerta.

4. Las válvulas de seguridad, por su importante función, deben ser capaces de derivar la potencia máxima del colector o grupo de colectores, incluso en forma de vapor, de manera que en ningún caso sobrepase la máxima presión de trabajo del colector o del sistema.
5. Los purgadores automáticos resistirán las presiones y temperaturas máximas alcanzables en el circuito correspondiente. Los del circuito primario se recomienda que resistan, al menos, temperaturas de 150ºC.

02.8.2 Materiales

1. Los componentes fundamentales de las válvulas deberían estar constituidos por los materiales que se indican a continuación:

- Válvulas de esfera:
  Cuerpo de fundición de hierro o acero.
  Esfera y eje de acero durocromado o acero inoxidable.
  Asientos, estopada y juntas de teflón.
  Podrán ser de latón estampado (diámetros inferiores a 2") con esfera de latón durocromado.
- Válvulas de asiento
  Cuerpo de bronce (hasta 2") o de fundición de hierro o acero.
  Tapa del mismo material que el cuerpo.
  Obturador en forma de pistón o de asiento plano con cono de regulación de acero inoxidable y aro de teflón. No será solidario al husillo.
  El asiento será integral en bronce o en acero inoxidable según el cuerpo de la válvula.
  Prensa-estopas del mismo material que cuerpo y tapa.
- Válvulas de seguridad de resorte:
  Cuerpo de bronce o latón (hasta 2") o hierro fundido o acero con escape conducido.
  Obturador y vástago de acero inoxidable.
  Prensa-estopas de latón.
  Resorte en acero especial para muelle.
- Válvulas de retención de clapeta:
  Cuerpo y tapa de bronce o latón.
  Asiento y clapeta de bronce.
  Conexiones rosca hembra.
- Válvulas de retención de muelle:
  Cuerpo y tapa de bronce o latón.
  Asiento y clapeta de bronce.
  Conexiones rosca hembra.
  Resorte en acero especial para muelle.
- Purgadores automáticos de aire:
  Cuerpo y tapa de fundición de hierro o latón.
  Mecanismo de acero inoxidable.
  Flotador y asiento de acero inoxidable o de plástico.
  Obturador de goma sintética.

02.9 SISTEMAS PREFABRICADOS

1. El sistema prefabricado deberá cumplir la normativa vigente o, alternativamente, los requisitos provisionales establecidos en 02.9.1. Adicionalmente, y en cualquiera de los casos, también deben cumplir los requisitos adicionales indicados en 02.9.2 que les sean de aplicación.
2. Para acreditar el cumplimiento de la normativa vigente, el sistema prefabricado deberá disponer del certificado de conformidad con las siguientes normas UNIT:
   - Requisitos generales: UNIT 1185 Sistemas solares térmicos y componentes. Sistemas prefabricados, requisitos
   - Ensayos de rendimiento: UNIT-ISO 9459-2 Calentamiento solar. Sistemas de calentamiento de agua sanitaria. Parte 2: Métodos de ensayo exteriores para la caracterización y predicción de rendimiento anual de los sistemas solares. Alternativamente a esta norma se podrá utilizar la UNIT-ISO 9459-5 (en preparación)

- Ensayos de calificación: UNIT 1184 Sistemas solares térmicos y componentes. Sistemas prefabricados. Parte 2: Métodos de ensayo

02.9.1 Requisitos provisionales

1. Se deberán cumplir los requisitos provisionales indicados en la tabla siguiente que podrán ser aplicables a colectores planos o de tubos de vacío, según se indica en la columna correspondiente, o a ambos:
2. Los requisitos están agrupados en generales (GEN), del colector (COL), del acumulador (ACU), del circuito primario (PRI), de la estructura (EST), normas y documentación (NOR) y suministro (SUM) que se refiere a los componentes que deben estar incluidos en el suministro.

		COLECTOR SOLAR PLANO	COLECTOR SOLAR DE TUBOS DE VACÍO
GEN	1	El volumen de la acumulación deberá ser inferior a 600 litros	
	2	Deberá especificarse la temperatura máxima de trabajo del circuito de consumo (por ejemplo, dato experimental tras 3 días de sol de verano sin consumo) e informar las soluciones a adoptar en el caso que sea superior a 60ºC.	
COL	3	El espesor del vidrio deberá ser mayor o igual a 3 mm.	
	4	Las juntas elásticas deberán ser resistentes a las condiciones exteriores.	
	5	La caja o carcasa del colector, incluido el cerramiento posterior, no será afectada por las condiciones exteriores y será compatible con el resto de materiales con los que esté en contacto.	
	6		El material de los tubos será de borosilicato.
	7		Construidos con dos tubos de vidrio concéntricos.
	8		Vacío en la cámara entre los tubos con presión inferior a 5.10 (-3) kPa.
	9		Espesor de vidrio del tubo exterior no inferior a 2 mm. para diámetro de tubo de 58 mm y a 1,8 mm para diámetro de tubo de 47 mm.
ACU	10	El acumulador debe disponer de protección catódica mediante ánodo de sacrificio o por corriente inversa (excepto para el cobre).	
	11	La envolvente podrá ser de chapa metálica de acero inoxidable, de aluminio anodizado o acero cincado y lacado; u otro material que soporte ser instalado a la intemperie.	
PRI	12	Las tuberías del circuito primario serán de cobre o de acero.	
	13	Ni la tubería ni ninguno de los accesorios de conexión del circuito primario podrán ser de material plástico.	

	14	Deberán justificarse los procedimientos para evitar circulación nocturna inversa.	
	15	El diseño y dimensionado del sistema de expansión, justificará que en cualquier condición de funcionamiento no se expulsa fluido al exterior.	
EST	16	La estructura del equipo no será afectada por las condiciones exteriores y será compatible con el resto de materiales con los que esté en contacto.	
	17	El diseño de la estructura y su manual de aplicación, definirán claramente los sistemas de apoyo y de sujeción que puedan utilizarse.	
NOR	18	Cumplir los requisitos mínimos establecidos en los apartados 4.1 a 4.7 de la norma UNIT 1185, excluidos los ensayos.	
SUM	19	Colector y acumulador.	
	20	La estructura soporte de todos los componentes del equipo hasta, como mínimo, 4 puntos de apoyo que podrán utilizarse directamente o, a través de estructuras intermedias.	
	21	Circuito primario completo incluyendo las tuberías con todo el aislamiento y su protección, todos los componentes hidráulicos, el sistema de llenado y, si lo tuviera, el de vaciado.	
	22	Las únicas terminaciones hidráulicas del circuito de consumo serán la entrada de agua fría y la salida de agua caliente.	
	23	Manual de instalador y usuario.	
	24	Etiqueta con número de serie.	
NOR	24	Cumplir los requisitos mínimos establecidos en los apartados 4.1 a 4.7 de la norma UNIT 1185, excluidos los ensayos.	

02.9.2 Requisitos adicionales

1. Se deberán cumplir los requisitos adicionales indicados en la tabla siguiente que podrán ser aplicables a colectores planos o de tubos de vacío, según se indica en la columna correspondiente, o a ambos:

		COLECTOR SOLAR PLANO	COLECTOR SOLAR DE TUBOS DE VACÍO
GEN	1	CRITERIOS DE CLASIFICACIÓN. Cumplimiento de las categorías admitidas y rechazadas según se definen en el apartado 03.2	
	2	ÁREA MÍNIMA: La superficie de apertura deberá ser mayor o igual a 1,5 m2.	
	3	RELACIÓN VOLUMEN/ÁREA: La relación Volumen del acumulador/Área de apertura, deberá estar comprendida entre 60 y 120 l/m2. Volumen de acumulación deberá ser mayor o igual a 120 litros.	

	4	PRESIÓN DE TRABAJO: La presión máxima de trabajo del circuito de consumo no será inferior a 6 bar.	
COL	5	La cubierta del colector deberá ser de vidrio templado. No se admiten cubiertas de ningún material plástico.	
	6	El absorbedor deberá ser metálico.	
	7	El circuito hidráulico del colector deberá ser metálico, pero no de aluminio, y debe estar firmemente unido al absorbedor.	
	8	El circuito hidráulico del absorbedor del colector en sistemas termosifón no podrá ser del tipo serpentín.	
	9	El aislamiento posterior del colector tendrá un espesor mínimo de 30 mm para un material de conductividad 0,040 W/mK o equivalente.	
ACU	10	El material interior del acumulador en contacto con agua sanitaria podrá ser: - de cobre - de acero con protección mediante vitrificado (con espesores de acero y vitrificado adecuados a las dimensiones del acumulador) - de acero inoxidable 316 L	
	11	El aislamiento térmico tendrá un espesor mínimo de 50 mm para un material de conductividad 0,040 W/mK o equivalente.	
	12	La envolvente exterior del acumulador no estará afectada por las condiciones exteriores y será compatible con el resto de materiales con los que esté en contacto.	
	13	La envolvente exterior tendrá el espesor y las características constructivas necesarias para darle la resistencia mecánica suficiente y para reducir los problemas de abolladuras.	
	14	Cuando el equipo tenga el intercambiador en el circuito de calentamiento, la superficie útil de intercambio térmico será superior a 0,2 m^2 por metro cuadrado de colector solar.	
	15	En los equipos termosifón, el diseño y la pérdida de carga del intercambiador de calor del circuito de calentamiento facilitarán la circulación natural.	
	16	Cuando el equipo tenga el intercambiador en el circuito de consumo, el diseño y el dimensionado del mismo establecerán el caudal para el que se garantiza que, con 50° C de temperatura en el acumulador, el agua de consumo tiene un salto de temperatura de 15° a 45°C.	
	17	El equipo solar no deberá introducir diferencias significativas en las pérdidas de carga de los circuitos de agua fría y caliente de la instalación; se definirán los valores para distintos caudales de diseño.	



PRI	18	En los equipos termosifón, el diámetro de las tuberías y el trazado de las mismas facilitarán la circulación natural y evitará posibles retenciones de aire.	
	19	El aislamiento térmico de las tuberías y de todos los accesorios del circuito tendrán un espesor mínimo de 18 mm para un material de conductividad 0,040 W/mK o equivalente. El aislamiento será resistente a temperaturas mayores o iguales a 120°C.	
	20	El aislamiento térmico dispondrá de una protección mecánica, rígida o flexible, que no podrá estar afectada por las condiciones exteriores ni otros elementos externos. Se considera que estos requisitos no se pueden cumplir con una protección que sólo utilice pintura.	
EST	21	Se dispondrá de certificado de resistencia o de seguridad estructural, realizado por técnico competente conforme a la legislación Uruguaya, que garantice su estabilidad frente a todas las acciones a las que pueda estar sometida. En particular, la acción del viento estará determinada conforme a la norma UNIT 50.	
	22	Los materiales de la estructura podrán ser de acero inoxidable, de acero galvanizado en caliente, aluminio anodizado o de acero prepintado. No se permitirán cortes ni taladros en la estructura después del tratamiento.	
NOR	23	La documentación del instalador y el usuario así como el modelo de la etiqueta deberán estar traducidas al español y debe cumplir con la norma UNIT 1185 en todo lo que sea de aplicación.	
SUM	24	Listado de verificación que incluye el suministro para poder verificarlos.	
	25	El fluido anticongelante necesario para realizar, como mínimo, un primer llenado.	
	26	El grupo de alimentación que, como mínimo, incluye válvula de retención y de seguridad forma parte del suministro y opcionalmente puede incluir válvula de corte y de vaciado. La presión de tarado de la válvula de seguridad estará conforme a la reglamentación aplicable.	
	27	Válvula mezcladora termostática incluida en el suministro del equipo. Para 1) proteger contra quemaduras y 2) para dar estabilidad y regular la temperatura de suministro al consumo que es una característica de la calidad del servicio.	
	28	Completar los datos técnicos del sistema en el apartado 13.2.2.	

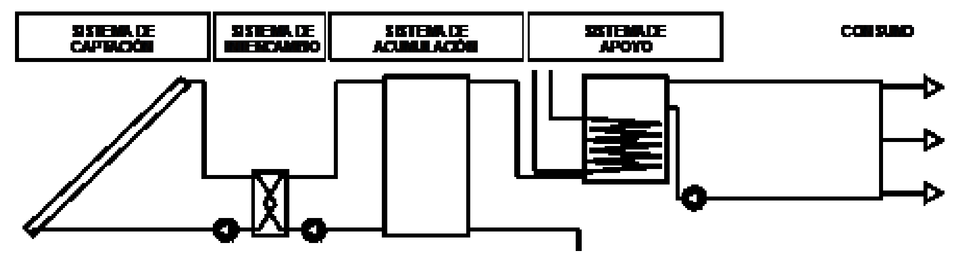
03. CONFIGURACIONES

1. En este capítulo se establece la denominación de los sistemas y circuitos que componen los Sistemas Solares Térmicos (en lo que sigue, SST) y las posibles configuraciones a emplear y los criterios para su selección.
2. La MT especificará la configuración seleccionada de entre las que figuran en este capítulo con las consideraciones adicionales necesarias para su completa definición.

03.1 SISTEMAS Y CIRCUITOS DE LAS INSTALACIONES

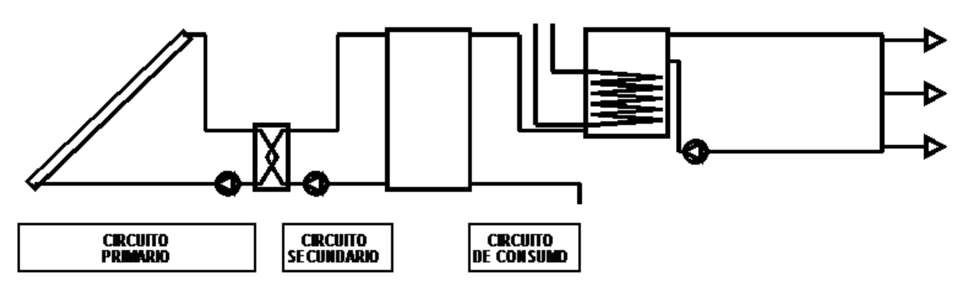
1. Una instalación solar térmica transforma la energía radiante emitida por el sol en energía térmica y la acumula, en forma de agua caliente, para pasar al sistema auxiliar o de apoyo antes de su posterior consumo.
2. En el esquema básico de funcionamiento de una instalación solar térmica para preparación de ACS pueden diferenciarse los siguientes sistemas:

- Sistema de captación: transforma la radiación solar incidente en energía térmica aumentando la temperatura de un fluido de trabajo.
- Sistema de acumulación: almacena el agua caliente hasta que se precise su uso.
- Sistema de intercambio: realiza la transferencia de energía térmica entre el fluido de trabajo que circula por el circuito primario y el del circuito secundario (agua de consumo).
- Sistema auxiliar o de apoyo: complementa el aporte solar suministrando la energía necesaria para cubrir el consumo previsto.
- Red hidráulica: está constituido por todos los circuitos hidráulicos que son los conjuntos de cañerías, con su aislante, accesorios, bombas, válvulas, etc. que interconectan los distintos sistemas y mediante la circulación de fluidos producen la transferencia de calor desde el sistema de captación hasta el consumo
- Sistema eléctrico y de control: aplica las estrategias de funcionamiento y de protección organizando el arranque y parada de bombas, las posibles actuaciones de las válvulas de tres vías (si las hubiera) y cualquier otra actuación electromecánica que se prevea.



3. Asimismo, se pueden distinguir tres circuitos hidráulicos distintos:

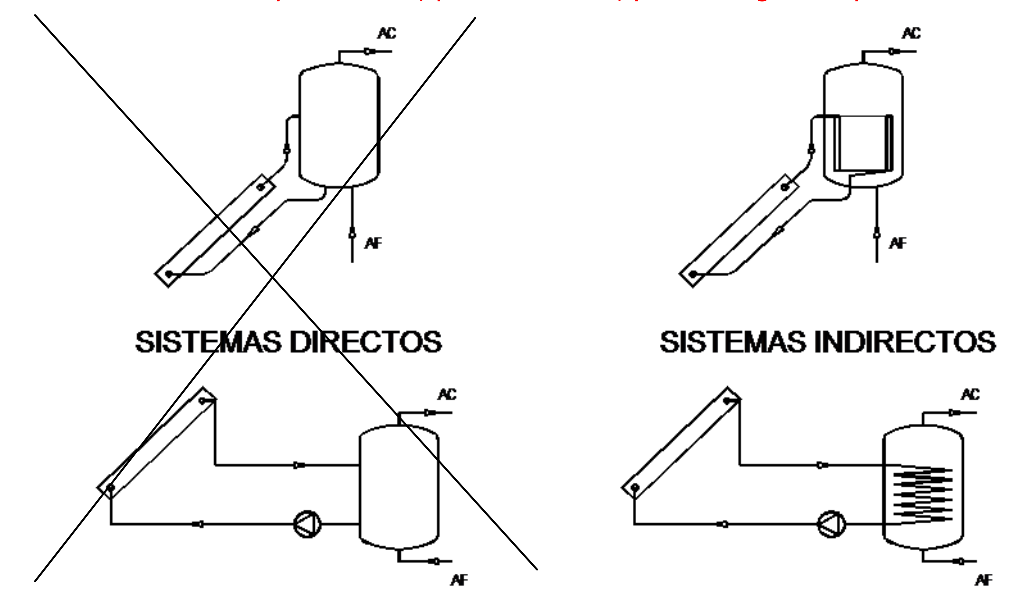
- Circuito primario: permite la circulación del fluido a través de los colectores que recogen la energía térmica y la transporta hasta el intercambiador.
- Circuito secundario: recoge en el intercambiador la energía captada por el circuito primario y la transfiere al sistema de acumulación.
- Circuito de consumo: transporta agua potable de consumo y comprende desde el punto que conecta con la red de acometida de agua fría, pasando por los sistemas de acumulación y de apoyo, hasta la red de distribución que alimenta a los puntos de consumo. A veces puede disponer de un circuito de recirculación para acercar la disponibilidad del agua caliente a los puntos de consumo.



03.2 CONFIGURACIONES DE LOS SISTEMAS PREFABRICADOS

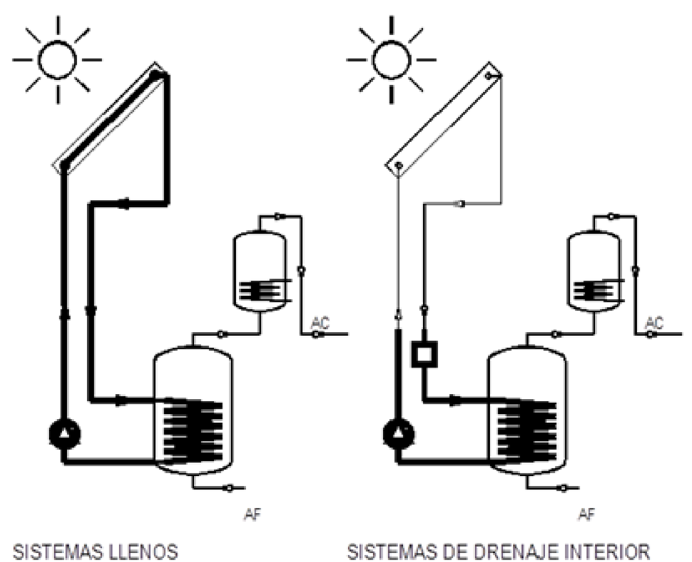
1. CIRCULACIÓN. Se pueden utilizar sistemas termosifón (con circulación natural) y sistemas con circulación forzada como procedimiento para transferir el calor del colector solar al acumulador.

2. INTERCAMBIADOR. Sólo se admiten sistemas indirectos y no se admiten los sistemas directos. Las razones fundamentales son la reducción de la fiabilidad al introducir agua de red en el colector solar, por los depósitos de cal y los problemas de los sistemas de protección contra heladas. Los depósitos de cal se producen cuando se alcanzan temperaturas elevadas; éstos provocan la pérdida de rendimiento y finalmente, por obstrucción, pueden llegar a impedir la circulación.



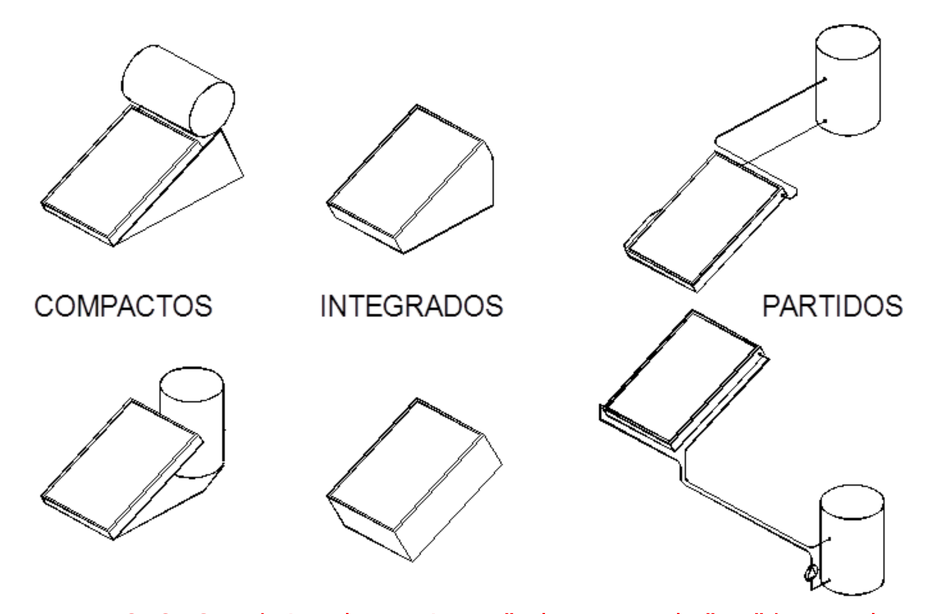
3. CONTACTO CON LA ATMÓSFERA. Se admiten los sistemas cerrados pero no los sistemas ventilados ni abiertos. Las razones fundamentales son la reducción de la fiabilidad al introducir agua de red en el colector solar, por los depósitos de cal y los problemas de los sistemas de protección contra heladas. Los depósitos de cal se producen cuando se alcanzan temperaturas elevadas; éstos provocan la pérdida de rendimiento y finalmente, por obstrucción, pueden llegar a impedir la circulación.

4. FLUIDO Y DRENAJE DEL CIRCUITO. Si se admiten los sistemas llenos y también los de drenaje interior. No se admiten los equipos que utilizan como sistema contra heladas el drenaje al exterior.

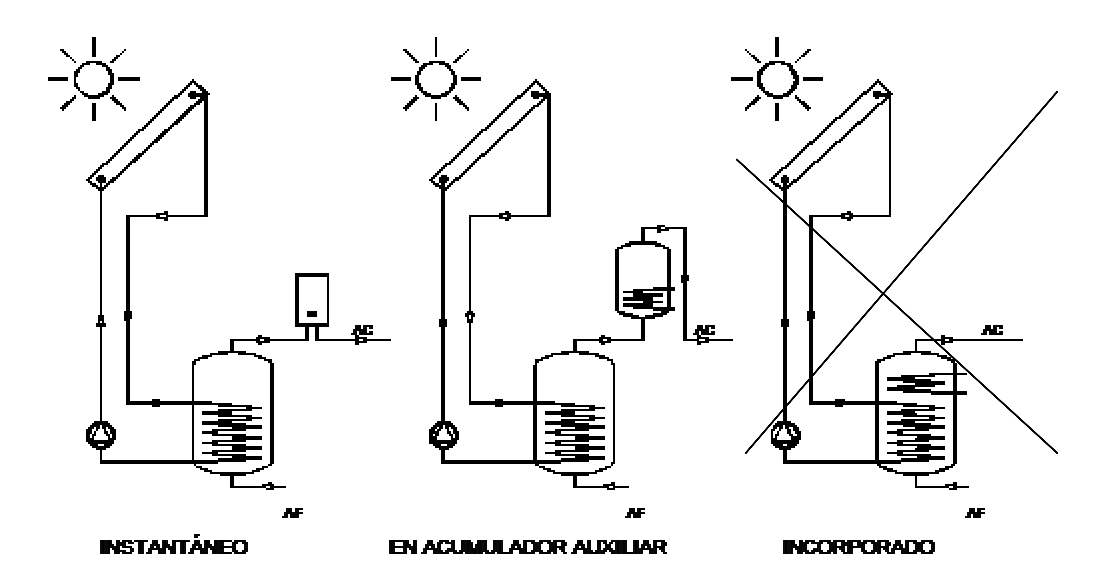




5. ACOPLAMIENTO ENTRE COLECTOR Y ACUMULADOR. Sin exclusión, se admiten todos: sistemas prefabricados compactos, integrados o partidos



6. SISTEMA DE APOYO. Se admiten las opciones "solamente solar" y "de precalentamiento solar" pero no se admite la solución "solar más apoyo incorporado" en el mismo acumulador. Las opciones admitidas dispondrán de un sistema de apoyo exterior al equipo solar, que puede ser de tipo instantáneo o en acumulador auxiliar y alimentado por cualquier tipo de energía (eléctrica, gas, etc.), y normalmente conectado en serie en el circuito de consumo. El sistema de apoyo incorporado en el acumulador solar está prohibido.



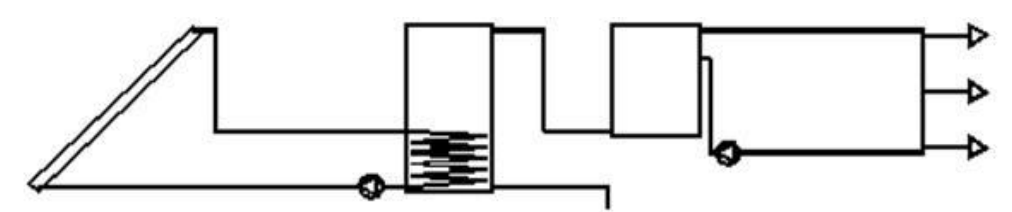
03.3 CONFIGURACIONES DE LOS SISTEMAS A MEDIDA

1. Aplicados a los sistemas a medida, los mismos criterios del apartado anterior, serían:
   - Circulación: será siempre forzada y no estará permitida la circulación por termosifón.
   - Intercambiador: son aplicables los mismos requisitos. Siempre sistema indirecto con intercambiador (interno o externo)
   - Contacto con la atmósfera: son aplicables los mismos requisitos, con las excepciones indicadas en el capítulo 4.
   - Drenaje: sólo se admiten los sistemas llenos y no son admisibles sistemas de drenaje interior ni exterior
   - Acoplamiento colector y depósito: son aplicables los mismos requisitos
   - Sistema de apoyo: son aplicables los mismos requisitos
2. Las configuraciones admisibles para los sistemas a medida corresponden a esquemas muy experimentados y su adecuada utilización producirá instalaciones solares fiables. El sistema de apoyo siempre estará conectado en serie salvo las excepciones indicadas y las distintas alternativas están asociadas al tipo de intercambiador. No se admiten otro tipo de configuraciones. Por tanto, todas las configuraciones de instalaciones a medida se refieren a sistemas forzados e indirectos; es decir, no se contemplan sistemas funcionando por termosifón ni aquellos casos en los que el agua de consumo pueda circular directamente por los colectores solares.

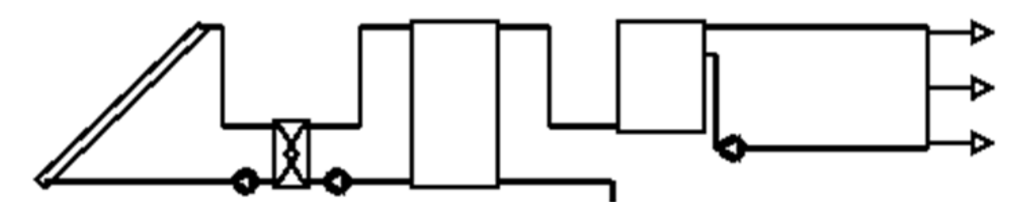
03.3.1 Configuraciones según el tipo de intercambiador

1. Según el tipo de intercambiador, las instalaciones pueden ser con intercambiador interno o externo:

- Instalaciones con intercambiador interno o incorporado al acumulador.



- Instalaciones con intercambiador externo o independiente



2. En relación con el uso de intercambiadores internos o externos, en las instalaciones se recomienda utilizar:

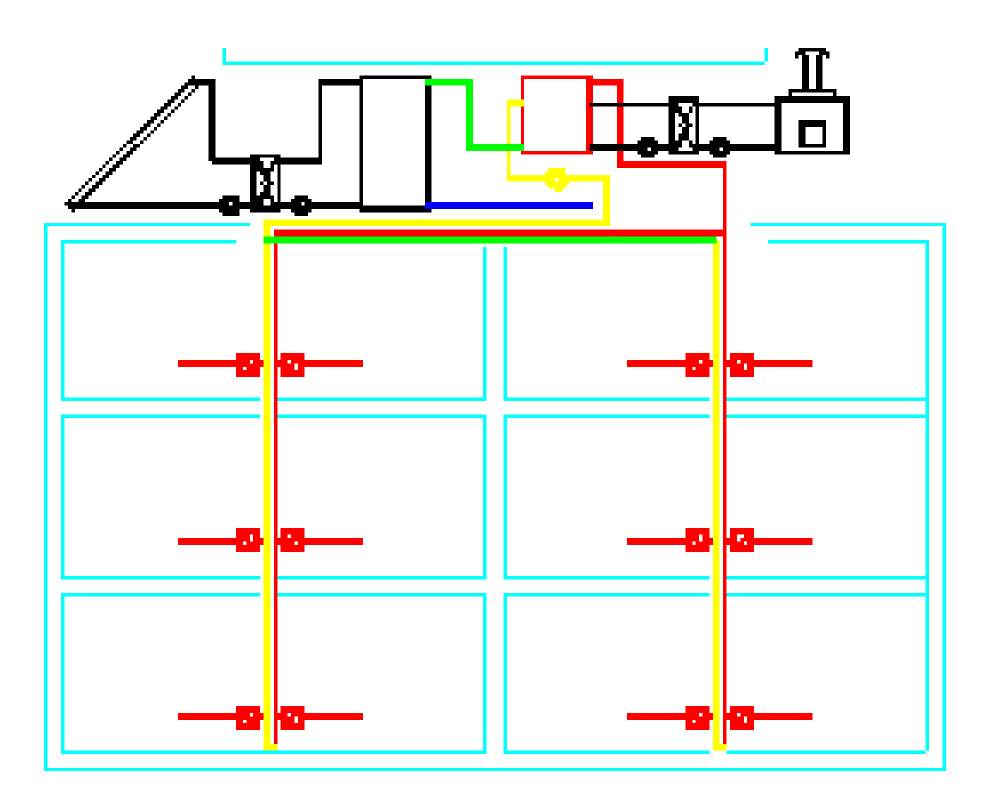
- Intercambiadores internos cuando el tamaño de la instalación sea inferior a 10 m2.
- Intercambiadores externos cuando el tamaño de la instalación sea superior a 50 m2.
- En instalaciones entre 10 y 50 m2, se debe estudiar la mejor solución en cada caso.

03.3.2 Configuración en edificios multivivienda

1. Cualquiera de las configuraciones anteriormente referidas puede utilizarse para la instalación de producción de ACS de un edificio multivivienda; el único elemento diferencial y adicional en estas instalaciones es que se debería instalar un contador de agua caliente en la entrada a cada vivienda para controlar los consumos de cada una.



2. En todas las instalaciones de edificios multivivienda, uno de los aspectos más importantes a considerar son las pérdidas térmicas del circuito de distribución por lo que se debe hacer especial hincapié en el mejor diseño y ejecución de estos circuitos.
3. En estas instalaciones, existe una única alimentación de agua fría a la instalación solar y toda la instalación, incluyendo el sistema auxiliar, está centralizada y en ella se realiza la preparación del agua caliente sanitaria.
4. La acometida de agua llega a la instalación a través de un contador de agua fría cuyo consumo corre a cargo de la comunidad de propietarios o propiedad de la edificación.
5. El agua precalentada en la parte solar de la instalación pasa al sistema de apoyo, donde si fuera necesario, se termina de calentar, y mediante el circuito de distribución se pone a disposición de cada una de las viviendas.
6. En cada acometida a vivienda se recomienda instalar un contador para el control del consumo de agua caliente y reparto del gasto de agua y energía. Es importante que el sistema de lectura sea automático.
7. La comunidad de propietarios o propiedad del edificio, que controla todos los gastos de la instalación (amortización, mantenimiento, consumo de agua fría y gasto de energía convencional), debe incorporarlos en el coste del consumo agua caliente que repercute a cada uno de los usuarios.
8. Normalmente se requiere un circuito de recirculación que permite mantener una temperatura homogénea en todas las acometidas de agua caliente a cada vivienda. El diseño del circuito de recirculación se ha de realizar limitando la disminución de temperatura en todo su trazado.
9. Se centraliza el proceso completo de preparación del agua caliente y la red de distribución de agua caliente suministra a cada vivienda agua caliente dispuesta para su uso.
10. El diseño de esta configuración totalmente centralizada, requiere la máxima disponibilidad de espacios comunes tanto para captación y acumulación solar como para el sistema de apoyo. Por el contrario no requiere ningún espacio para equipos de agua caliente en el interior de la vivienda.





04. CONDICIONES DE OPERACIÓN

1. La MT especificará, para cada uno de los circuitos de la instalación solar las condiciones de operación y las características de los fluidos de trabajo. Las condiciones de operación de cada circuito quedan definidas por las temperaturas y presiones máxima, mínima y nominal. Todos los valores se determinarán de acuerdo con los restantes apartados de este capítulo
2. Los fluidos de trabajo se seleccionarán de acuerdo con el tipo de circuito, las condiciones de operación y las condiciones extremas que pueden dar lugar a la formación de vapor y a las heladas.

04.1 TEMPERATURAS

04.1.1 Temperaturas nominales

1. Las temperaturas nominales de cada uno de los circuitos representan las temperaturas medias de funcionamiento y se podrán utilizar para calcular las pérdidas térmicas.
2. Se determinan a partir de la temperatura de funcionamiento de la instalación solar así como de la temperatura del sistema de preparación y del circuito de distribución de agua caliente.
3. Cuando sea necesario se estimarán de acuerdo con los siguientes criterios:

- La temperatura del circuito de recirculación será 5ºC inferior a la de distribución
- La temperatura del acumulador solar se determinará en función de la fracción solar (FS) y las temperaturas del agua fría y de preparación: $T_{AF} + FS *(T_P – T_{AF})$
- La temperatura del secundario será igual a la del acumulador solar
- La temperatura del primario será 10ºC superior a la del secundario

4. Por defecto las temperaturas nominales serán las establecidas en la siguiente tabla, definidas para temperaturas de preparación y distribución de 45 y 60 ºC, y un valor de FS de 0,66:

CIRCUITO	PRI	SEC	CON	DIS	REC
T_{NOM} (T_P = 45ºC)	45	35	45	45	45
T_{NOM} (T_P = 60ºC)	50	45	60	60	55
T_{NOM} (TP = 75ºC)	50	45	75	60	55

5. Si se utiliza un programa de cálculo mediante simulación normalmente proporcionará las temperaturas medias de funcionamiento o directamente determinará las pérdidas térmicas y no serán necesarias las estimaciones anteriores.

04.1.2 Temperaturas máximas

1. Las temperaturas máximas de cada uno de los circuitos se definirán a partir de la temperatura de estancamiento del colector y de la temperatura de preparación del sistema de apoyo.
2. La temperatura de estancamiento se obtendrá del informe de ensayo del colector solar. En el caso que no se disponga de informe de ensayo, será definida por el fabricante.
3. La temperatura de preparación del sistema de apoyo deberá estar definida por las condiciones de diseño y/o funcionamiento del mismo.
4. Se consideran hasta tres temperaturas máximas de trabajo del circuito primario que estarán definidas y asociadas a tres partes del circuito:

- la temperatura de estancamiento del colector (T_{EST}) en las baterías de colectores, elementos de interconexión y tramos del circuito solar que conectan con los colectores.
- la temperatura correspondiente a la de saturación del fluido a la presión máxima en los tramos de circuito desde colectores hasta expansión y por donde pueda circular vapor. Normalmente no será inferior a 140ºC salvo para colectores con tratamiento no selectivo.
- la temperatura máxima de la parte fría del circuito primario será de 110ºC en el resto de tramos de circuito no alcanzables por el vapor.

5. La temperatura máxima del resto de circuitos vendrá impuesta por el sistema de transferencia de calor, los diseños de los circuitos y las estrategias del sistema de control:



- la del secundario será 10 ºC inferior a la máxima temperatura alcanzable en el intercambiador del primario
- la del circuito de alimentación a la máxima temperatura alcanzable en el acumulador de consumo
- la de consumo, distribución y recirculación a la máxima prevista en el sistema de apoyo

6. Por defecto, los valores de las temperaturas máximas nunca serán inferiores a las siguientes:

CIRCUITO	PRI	SEC	CON	DIS	REC
$T_{MÁX}$	T_{EST}/ 140/ 110	100	70	70	70

04.1.3 Temperaturas mínimas

1. Las temperaturas mínimas de cada uno de los circuitos se definirán a partir de las temperatura ambiente mínima exterior y de la temperatura mínima de suministro de agua fría (a falta de otros datos, se adoptará el valor de 10ºC). A efectos de las ETUS, la temperatura ambiente mínima exterior registrada será de -8ºC para cualquier ubicación geográfica de la instalación y se considerará que no existen zonas sin riesgo de heladas.
2. Las temperaturas mínimas en todos los circuitos que tienen partes que discurre por el exterior será la temperatura mínima exterior aunque estén térmicamente aislados.
3. Las temperaturas mínimas en el resto de circuitos será la interior en locales cerrados siempre que se tenga la certeza de que no se alcanzarán las mínimas temperaturas exteriores.

04.2 PRESIÓN

04.2.1 Presión nominal

1. En lo que sigue, salvo indicación contraria, se utilizan presiones manométricas, es decir presiones relativas que toman como referencia la presión atmosférica.
2. La presión nominal de cada componente corresponde a la presión máxima de trabajo que admite con un coeficiente de seguridad del 50%, es decir, que la presión de prueba es 1,5 veces la presión nominal.
3. La presión nominal de cada uno de los circuitos es la presión seleccionada inferior o igual a las presiones nominales de cada uno de los componentes y materiales que lo componen.
4. La presión nominal de cada circuito define la presión de tarado de la válvula de seguridad que evita que en cualquier punto de la misma la presión pueda subir por encima de aquella.
5. En todos y cada uno de los circuitos siempre habrá que tener en consideración las diferencias que se producen por el peso de la columna del fluido de trabajo debido a la diferencia de alturas. Para el diseño hidráulico de los circuitos se considerará que cada 10 metros de altura equivale a 1 bar.

04.2.2 Presión máxima

1. La presión máxima de trabajo de cada circuito, valor máximo que puede alcanzarse durante cualquiera de las condiciones de funcionamiento, será siempre inferior a la presión de tarado de la válvula de seguridad con un margen de seguridad adicional del 10% y, al menos, de 0,5 bar.
2. La presión máxima de cada circuito se utiliza para el dimensionado del sistema de expansión.
3. Para el diseño y dimensionado de los circuitos acoplados a la acometida de agua se tendrá en cuenta las presiones máximas de trabajo de la red de abastecimiento.

04.2.3 Presión mínima

1. La presión mínima de cada uno de los circuitos, valor mínimo que puede alcanzar durante cualquiera de las condiciones de funcionamiento, será siempre superior a la presión atmosférica.
2. Para evitar que entre aire en los circuitos, las instalaciones estarán diseñadas para asegurar que, en las condiciones de temperaturas más frías, quede un margen de presión, entre 0,5 y 1,5 bar, por encima de la presión atmosférica.

3. Para el diseño de los circuitos acoplados a la acometida de agua se tendrá en cuenta que puede ser cero la presión mínima de trabajo de la red de abastecimiento. Así se considerará para la prueba de presión del circuito primario de interacumuladores e intercambiadores
4. También deberán considerarse aquellos casos en que la presión mínima pueda ser negativa y esté producida por el vacío que genera el peso de una columna de agua.

04.3 ACCIÓN COMBINADA DE TEMPERATURA Y PRESIÓN

1. La acción combinada de temperaturas y presiones puede dar lugar a efectos distintos e incontrolados que la acción independiente de cada una de ellas por lo que deberían analizarse las posibilidades de que esta situación ocurra y los efectos que puede inducir.
2. Se debe prestar especial atención a la resistencia a la presión máxima de trabajo de materiales plásticos para las diferentes temperaturas de trabajo que se puedan presentar. Por ejemplo, las presiones de trabajo en el circuito primario a la temperatura de estancamiento, las presiones de trabajo en circuitos secundarios a 100ºC, etc.
3. Se debería analizar la disminución de la vida útil de los materiales plásticos empleados debido a las presiones y temperaturas de trabajo.

04.4 FLUIDOS DE TRABAJO

1. La MT especificará las características del agua consumo y de los restantes fluidos de trabajo que se empleen en los diferentes circuitos de la instalación.
2. El fluido de trabajo presentará como mínimo las siguientes características:
- Calor específico superior a 3,8 kJ/(kg.K) en condiciones cercanas a las nominales de operación.
- Debe tener baja viscosidad
- No será tóxico ni contaminará el medioambiente
- Será completamente biodegradable.
- No irritará seriamente la piel.
- Será estable para todo el rango de presiones y temperaturas de trabajo del circuito
- Resistirá, en particular, la temperatura de estancamiento del colector.
- Cumplirá las especificaciones del fabricante de los componentes del circuito.
3. El pH a 20ºC del fluido de trabajo estará comprendido entre 5 y 9 ajustándose el contenido en sales a los valores indicados en el apartado siguiente.

04.4.1 Agua de consumo

1. El agua de la red, de uso sanitario o de consumo siempre va a ser uno de los fluidos de trabajo.
2. El agua que se utilice en cualquiera de los circuitos de la instalación solar debería cumplir los siguientes requisitos:
- La salinidad del agua del circuito primario no excederá de 500 mg/l totales de sales solubles.
- El contenido en sales de calcio no excederá de 200 mg/l expresados como contenido en carbonato cálcico.
- El límite de dióxido de carbono libre contenido en el agua no excederá de 50 mg/l.
3. En el caso de que no se cumplan los requisitos anteriores, el agua debería ser tratada o los circuitos adaptados.
4. El agua se podrá utilizar en los circuitos cerrados o indirectos cuando, además de cumplir los requisitos anteriores, se trate de sistemas con drenaje interior.
5. Se tendrá en cuenta la dureza y el contenido en sales del agua de consumo para el diseño de los sistemas y la selección de los componentes de las instalaciones.

04.4.2 Mezclas anticongelantes

1. Deberían utilizarse mezclas de agua con propilenglicol que no presenta riesgo para la salud humana
2. No deben utilizarse mezclas con etilenglicol por el riesgo que existe debido a su toxicidad.

3. La proporción de anticongelante se adoptará en función de las características suministradas por el fabricante y se deberá ajustar, como mínimo, a la temperatura de congelación de -13ºC.
4. La proporción de anticongelante debe ser la menor posible compatible con la protección ya que aumenta la viscosidad y disminuye el calor específico.
5. La mezcla anticongelante proporcionará protección frente a la corrosión, sobre todo en el caso de utilizar materiales diversos en cada circuito.
6. El glicol penetra mejor en ranuras y capilares que el agua por lo que resulta más difícil asegurar la estanqueidad de los circuitos. Además de la prueba de presión y limpieza de circuitos con agua se realizará una prueba a la máxima presión de trabajo con la mezcla anticongelante.
7. En caso de emplearse mezclas preparadas comercialmente, el fabricante debería especificar la composición del producto, el rango de temperaturas y presiones para los cuales es estable y su duración o periodicidad para su renovación en condiciones de funcionamiento. Como aditivos deberán utilizarse los productos que cumplan la reglamentación vigente.
8. La instalación dispondrá de los sistemas necesarios para facilitar el llenado de la instalación y para asegurar que el anticongelante está perfectamente mezclado. Para ello se podrá utilizar un recipiente o depósito para preparar la mezcla que, posteriormente, se introducirá en el circuito de forma manual o automática.
9. El sistema de llenado no permitirá las pérdidas de concentración producidas por fugas del circuito y resueltas con reposición de agua de red.
10. El diseño de los circuitos evitará cualquier tipo de mezcla de los distintos fluidos que pueden operar en la instalación. En particular, se prestará especial atención a una eventual contaminación del agua del circuito de consumo por el fluido utilizado en otros circuitos.

04.5 FLUJO INVERSO

1. Se entiende como flujo inverso a cualquier circulación de fluido no intencionado en cualquier circuito de la instalación.
2. Se puede producir por circulación natural y no prevista del fluido, en sentido contrario al deseable cuando el acumulador está a cierta temperatura y dispone de un circuito de tuberías que permite la circulación y enfriamiento del fluido.
3. Se tomarán especiales precauciones frente a flujo inverso en caso de que el acumulador esté situado por debajo de la cota superior de los colectores.
4. El efecto del flujo inverso es el enfriamiento de los acumuladores y, por ello, el diseño y el montaje de la instalación se asegurará que no se producen pérdidas energéticas relevantes debidas a flujo inverso en ningún circuito hidráulico del sistema.
5. También puede producirse en el interior de una misma tubería a partir de las conexiones con el acumulador, normalmente de sección amplia, configurándose la circulación de fluido caliente por la parte superior y del frío por la parte inferior de la misma tubería.
6. El aumento de temperatura del acumulador solar crea una sobrepresión en el mismo que tiende a evacuarse por la tubería de alimentación de agua fría lo que puede genera un flujo inverso en la tubería de alimentación si no se dispone de la correspondiente válvula antirretorno.

04.6 DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN

1. En este apartado se hace referencia a los dispositivos que deben utilizarse para proteger a los usuarios y a la instalación de las condiciones extremas de presión y temperatura definidas anteriormente.

04.6.1 Protección frente a altas temperaturas

1. Se tienen que proteger de altas temperaturas a los usuarios para evitar quemaduras y a los componentes de la instalación por razones de resistencia y durabilidad de los materiales.
2. Para evitar quemaduras de los usuarios hay que tener en cuenta que:

- la temperatura de uso nunca podrá superar los 60ºC. Cuando la temperatura de preparación o de distribución pueda ser superior a 60ºC, la instalación ha de disponer de un sistema automático de mezcla o cualquier otro dispositivo que limite esta temperatura a 60ºC como máximo.
- la instalación de todos los elementos que puedan evacuar fluido al exterior (válvulas de seguridad, de vaciado, etc.) debe realizarse de forma conducida para que su actuación no pueda provocar accidentes o daños.
- ninguna superficie con la que exista posibilidad de contacto accidental podrá tener una temperatura mayor que 80ºC. A estos efectos se debe tener en cuenta que las superficies externas del colector pueden alcanzar temperaturas superiores a 80 ºC.

3. La protección de los componentes y materiales de la instalación de energía solar frente a altas temperaturas será de seguridad intrínseca, es decir, la misma estará diseñada para que después de alcanzar la temperatura máxima por cualquier situación, la instalación pueda volver a su forma normal de funcionamiento sin que el usuario tenga que hacer ninguna actuación.
4. La protección de determinados componentes a altas temperaturas que se realiza con el propio sistema de control, como por ejemplo la de los acumuladores para proteger el tratamiento interior del mismo o para proteger los materiales de las tuberías del circuito de consumo, siempre deben considerar, y debe dejarse constancia, que las limitaciones de temperatura afectan negativamente al rendimiento y prestaciones de la instalación.
5. Como sistemas de seguridad intrínseca frente a altas temperaturas del circuito primario se podrán utilizar:

- si se permite la formación de vapor en el interior del circuito primario (la temperatura de estancamiento de la instalación es superior a la temperatura de vaporización del fluido correspondiente a la presión máxima), tener prevista la expansión del mismo de forma que el aumento de volumen sea completamente absorbido por el sistema de expansión.
- si no se permite la formación de vapor (presión del circuito siempre superior a la presión de vapor del fluido correspondiente a la temperatura de estancamiento), diseñando el circuito primario con una presión de trabajo siempre superior a la presión de vapor del fluido a la temperatura de trabajo.
- sistemas con drenaje automático que garanticen que, en las condiciones extremas de funcionamiento, los colectores permanecen totalmente vacíos del fluido de trabajo.

6. Se comprobará que el dimensionado de la bomba y la estrategia del sistema de control establecida garantizan la puesta en funcionamiento de la instalación después del proceso de protección a altas temperaturas.
7. La exposición continua a altas temperaturas puede producir el envejecimiento acelerado de la mezcla anticongelante y de algunos materiales plásticos. Por ello, en algunos casos, se recomienda utilizar procedimientos para evacuar el calor de forma que se limite que determinados componentes o circuitos sobrepasen una determinada temperatura. Los más utilizados son la recirculación nocturna y el uso de disipadores de calor aunque hay que tener en cuenta que éstos no son sistemas de protección de la instalación ya que cualquier fallo en la alimentación eléctrica impide su funcionamiento. No son, por tanto, procedimientos alternativos a los sistemas de seguridad intrínseca antes referidos.

04.6.2 Protección contra heladas

1. Se han definido las temperaturas mínimas y por tanto el riesgo de heladas en el apartado 04.1.3.
2. En cualquiera de los circuitos de la instalación con trazado de tuberías que, total o parcialmente, discurran por el exterior deberá evaluarse el riesgo de heladas y tomar las medidas de protección adecuadas.
3. Se tendrá en cuenta que los colectores solares, a causa del enfriamiento por radiación nocturna, pueden disminuir su temperatura interior por debajo de la temperatura ambiente y este descenso será mayor cuanto mayor sea la emisividad del absorbedor. Se adoptará un margen de seguridad de 5ºC con lo que la temperatura mínima de diseño será de -13ºC.
4. Como se considera que en todo el país hay riesgo de helada, se tendrá que utilizar un sistema de protección adecuado: circuito indirecto con mezcla anticongelante o vaciado automático de circuitos.

A) Circuitos indirectos con mezclas anticongelantes

1. El sistema de protección antiheladas se realizará utilizando circuitos indirectos con mezclas anticongelantes
2. Cuando se utilicen mezclas de agua y anticongelante, la calidad del agua cumplirá los requisitos del fabricante del anticongelante y, en cualquier caso, los fluidos serán compatibles entre sí y con los materiales de los circuitos.
3. Como anticongelantes deberán utilizarse los productos que cumplan las especificaciones del apartado 04.4 y la reglamentación vigente que le sea de aplicación.
4. La temperatura de congelación del fluido en el circuito primario se fijará 5ºC por debajo de la temperatura mínima establecida con lo que la temperatura mínima de diseño será de -13ºC.
5. La proporción de anticongelante de las mezclas propilenglicol y agua se determinará utilizando la información del fabricante y la temperatura mínima anteriormente establecida.

B) Vaciado automático con recuperación de fluido

1. El fluido de trabajo podrá ser agua o mezclas anticongelantes.
2. Se asegurará que no hay fluido de trabajo en ninguna parte de la instalación expuesta a heladas y, especialmente, en los colectores solares.
3. El diseño de los circuitos permitirá el completo drenaje por gravedad y el vaciado de todas las partes de la instalación expuesta a heladas.
4. El vaciado del circuito de colectores podrá realizarse a un acumulador auxiliar de almacenamiento de fluido o a otra parte del circuito con capacidad suficiente. El sistema de bombeo del circuito realizará el llenado de los colectores solares recuperando el fluido previamente drenado.
5. El sistema de control parará las bombas de circulación siempre que la temperatura detectada en colectores alcance un valor ligeramente superior (+5ºC) al de congelación del fluido de trabajo.

04.6.3 Protección frente a altas presiones

1. Cada uno de los circuitos de la instalación debe estar diseñados para cumplir los requisitos del apartado 04.2. de forma que nunca se alcance la presión de tarado de la válvula de seguridad.
2. En el circuito primario, la apertura de una válvula de seguridad sería una acción irreversible que requeriría que el usuario tuviera que tomar medidas especiales para que el sistema vuelva a la situación normal de funcionamiento, siempre se debe disponer un sistema de expansión cuya función es que nunca actúe la válvula de seguridad correspondiente y absorber la dilatación del fluido en cada uno de los circuitos para evitar que la presión supere los máximos previstos.
3. Se utilizará un sistema de expansión independiente en cada uno de los circuitos cerrados de la instalación.
4. Los sistemas de expansión del circuito primario sólo podrán ser cerrados, no se permite el uso de válvulas combinadas de temperatura y presión y excepcionalmente se podrán admitir sistemas de expansión abiertos cuando se cumplan los requisitos del apartado 04.7.
5. En el circuito de consumo, tanto el acumulador solar como el de apoyo cuando exista, se protegerán contra las eventuales sobrepresiones que se producen por el aumento de temperatura mediante un sistema de expansión que permita absorber la dilatación correspondiente. Como alternativa se podrán utilizar válvulas combinadas de presión y temperatura o se justificará que no existe necesidad de utilizar un sistema de expansión.

A) Diseño del sistema de expansión

1. La MT especificará el número, el volumen unitario y total así como marca y modelo de los vasos de expansión así como la presión nominal
2. Preferentemente, el ramal de conexión del sistema de expansión se conectará en la parte más fría de los circuitos.
3. Se recomienda ubicar el sistema de expansión del circuito primario de forma que se facilite la salida de fluido de los colectores por las tuberías de entrada. Se debe asegurar que el sistema antirretorno no impida que el fluido desplazado alcance al sistema de expansión.

4. El ramal de conexión del sistema de expansión del circuito primario tendrá la capacidad necesaria para que disipación de calor durante la fase de expansión evite que el fluido de trabajo llegue al sistema de expansión a una temperatura superior a la de diseño de sus componentes.
5. Para ello y cuando sea necesario, el ramal estará constituido por un tramo de tubería sin aislamiento que puede ser aleteada o intercalar un depósito no aislado, que disponga de la superficie de evacuación o la capacidad de acumulación necesaria para que el fluido llegue al sistema de expansión con una temperatura inferior a la máxima que pueda soportar.
6. Junto a los sistemas de expansión del circuito primario se dispondrán, al menos, la válvula de seguridad y un manómetro.
7. Los sistemas de expansión se ubicarán preferentemente en zonas protegidas de la radiación solar.
8. El diámetro del ramal de conexión del vaso de expansión al circuito primario no debería ser inferior al determinado en la siguiente tabla en función de la superficie de colectores:

Superficie de colectores (m2) hasta	15	50	150	500	1.500
Diámetro de conexión no inferior a	1/2"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"

B) Criterios de dimensionado

1. El criterio de diseño y dimensionado de los circuitos con seguridad intrínseca exige que no se contemple la apertura de las válvulas de seguridad.
2. El diseño y dimensionado del sistema de expansión de cada circuito se realizará conforme al rango de presiones y temperaturas máximas y mínimas previstas.
3. Ello implica que, previamente al dimensionado, debería decidirse si el circuito correspondiente formará vapor o no. Para ello se habrán determinado para cada circuito, y una vez definido el tipo de fluido, la presión de vaporización del fluido caloportador a la temperatura máxima de trabajo y se compara con la presión (mínima o máxima) del circuito
4. Los vasos de expansión cerrados se dimensionarán de forma que la presión mínima en frío Pmín en el punto más alto del circuito esté comprendida entre 0,5 y 1,5 bar y la presión máxima en caliente Pmáx en cualquier punto del circuito no supere la presión máxima de trabajo del circuito. Se determina en función de la presión de tarado de la válvula de seguridad (Pvs): $Pmáx = 0,9 * Pvs \leq Pvs - 0,5$
5. El sistema de expansión de cada circuito se diseñará de forma que el volumen útil de dilatación sea capaz de absorber la expansión térmica de todo el volumen de líquido contenido en el circuito primario, así como, en su caso la posible formación de vapor en el circuito primario correspondiente al fluido contenido en los colectores solares y aquellas tuberías que queden por encima de la cota inferior de los colectores solares.
6. El procedimiento establecido a continuación sirve para cada uno de los circuitos.

C) Cálculo del volumen del sistema de expansión

1. El volumen nominal del sistema de expansión VE_{NOM} será la suma volumen útil VE_{UTI} ó volumen de líquido máximo que debe contener y el volumen de gas VE_{GAS} que debe contener; se puede calcular por la siguiente expresión:

$$VE_{NOM} = VE_{UTI} + VE_{GAS} = VE_{UTI} * CP = (VE_{RES} + VE_{DIL} + VE_{VAP}) * CP$$

2. El coeficiente de presión CP es un factor que se calcula por la fórmula siguiente:

$$CP = (Pmáx + 1)/(Pmáx - Pmín)$$

3. El coeficiente de presión nunca será inferior a 2 ya que experimentalmente se ha contrastado que en el caso de que el volumen de líquido máximo sea superior al 50% del volumen total del vaso de expansión se corre el peligro de fracturar la membrana. Esta fractura pudiera verse principalmente condicionada por las grandes oscilaciones a las que se vería sometida la membrana al producirse los efectos de contracción-expansión para valores superiores al 50%.
4. El volumen de reserva VE_{RES} compensa la contracción del fluido a temperaturas muy bajas y eventuales pérdidas de fluido. Se calculará como el 3% del volumen total pero en ningún caso será inferior a 3 litros.



5. El volumen de dilatación VE_{DIL} será igual al volumen total del circuito (VC_{TOT}) por el coeficiente de expansión térmica del fluido CET.
6. El volumen total del circuito VC_{TOT} se obtiene sumando la cantidad de fluido contenido en cada uno de los componentes del circuito hidráulico.
7. Como coeficiente de expansión térmica CET se adoptarán los valores: 0,043 para el agua y 0,085 para las mezclas agua-glicol
8. El volumen de vapor VE_{VAP} se obtiene sumando el contenido líquido de los colectores de acuerdo con los datos suministrados con el fabricante y de la parte del circuito solar que está situado por encima de la parte más baja del campo de colectores más un 10%.
9. Dado que el llenado de la instalación no se realiza en las condiciones extremas, debería verificarse que el vaso tiene el volumen inicial de llenado como la presión de precarga inicial del lado gas del vaso de expansión. Debe ajustarse la presión de precarga inicial del gas (P_{PRE}) del vaso de expansión 0,3 bar por debajo de la presión mínima: $P_{PRE} = P_{MÍN} – 0,3$

04.6.4 Otras protecciones relativas a presiones

1. Prever un dispositivo que evite la depresión que se puede generar en los acumuladores instalados en altura, cuando una columna pueda descargar y crear una depresión en el mismo.
2. En interacumuladores de doble envolvente, comprobar que se va a soportar la diferencia de presión entre circuitos primario y de consumo que pueda ocurrir en las condiciones más desfavorables.
3. Es importante resaltar la importancia de que los intercambiadores soporten la diferencia de presiones que puede ocurrir entre los circuitos que separa en las condiciones más desfavorables.

04.7 SISTEMAS DE EXPANSIÓN ABIERTOS

1. Para utilizar sistemas de expansión abiertos se requiere la autorización expresa de la DNE.
2. La petición y la autorización de la DNE podrá estar referida a una instalación concreta o a un conjunto de instalaciones que se realicen con criterios semejantes.
3. Para ello se presentará una solicitud a la DNE en la que se detallarán las condiciones que se disponen para garantizar el correcto funcionamiento y la durabilidad. En particular, se hará referencia al cumplimiento de la norma UNIT 1195 en lo que sea de aplicación y a los apartados obligatorios de las ETUS para los que se propongan soluciones alternativas.
4. Adicionalmente, se definirá completamente el diseño, dimensionado, montaje y operación:

- Las condiciones de dimensionado del vaso de expansión y resultados (volumen, etc.).
- Diseño: fluido y materiales a emplear, elementos auxiliares, ubicación y requisitos de montaje.
- Funcionamiento en caso de vaporización, condiciones en las que se produce, cantidad de agua que se evapora, circulación del vapor desde colectores, condensación y recuperación de líquido, etc. Restablecimiento del funcionamiento normal.
- Organización y sectorización del circuito primario; diseño de los sistemas de venteo y de recuperación, trazado de tuberías para recuperar, dimensionado y pendientes
- Estudio de otros componentes del circuito: tuberías, bombas, sistema de llenado, purga, etc.
- Condiciones de mantenimiento: medidas de control y actuaciones para garantizar el correcto funcionamiento y la durabilidad, información suministrada al usuario.



05. INCORPORACIÓN DE LOS SST EN LAS EDIFICACIONES

1. En los apartados 05.1 a 05.3, se analizan los criterios de incorporación de las pequeñas instalaciones solares térmicas (sean sistemas prefabricados o sistemas a medida) a la edificación.
2. En los apartados 05.4 y 05.5, se complementan dichos criterios para las instalaciones solares de tamaño medio y grande que siempre serán sistemas a medida.
3. A efectos de estas ETUS, se hará referencia a pequeñas instalaciones, a veces denominados equipos solares térmicos, ya sean sistemas prefabricados o a medida, cuando sean de superficie de apertura total inferior a 10 m^2 e inferior a 1.000 litros de acumulación solar.

05.1 SELECCIÓN Y DIMENSIONADO BÁSICO DE LA INSTALACIÓN

1. Para la incorporación de pequeñas instalaciones solares térmicas en las edificaciones se seguirá el proceso establecido en este apartado.
2. En primer lugar se realizará el dimensionado básico que supone elegir el tamaño del SST en función de los objetivos energéticos a satisfacer (fracción solar mínima, máxima rentabilidad, etc.).
3. El dimensionado básico queda definido por el tipo y número de colectores solares, o la superficie de apertura de colectores solares y el volumen de acumulación solar.
4. En función de las condiciones de contorno de la edificación y del usuario se adoptan los criterios necesarios para la selección de un sistema termosifón o forzado.
5. Con los parámetros del dimensionado básico y el tipo de sistema, se puede seleccionar el sistema prefabricado a utilizar y sólo resta definir la forma de integrarlo en el edificio (apartado 5.2) y en la instalación sanitaria (apartado 5.3) incluyendo el conexionado con el sistema auxiliar.
6. Si no se encuentra un sistema prefabricado adecuado cómo solución óptima a emplear, se podrá proyectar un sistema a medida, de pequeño tamaño, que requiere un diseño previo y completo, siguiendo el capítulo 6, antes de integrarlo en el edificio y en las instalaciones sanitarias.

05.2 INTEGRACIÓN DE PEQUEÑOS SST EN LAS EDIFICACIONES

1. Los criterios siguientes deben aplicarse para la mejor integración del equipo en las edificaciones, y serán incorporados en la MT:
- La ubicación del equipo y del sistema de captación.
- La orientación e inclinación de la superficie de captación.
- El estudio de sombras.
- La seguridad estructural del montaje y la sujeción.
2. En este apartado se hará referencia a la vivienda, en lugar de generalizar a cualquier edificación, porque es el caso más generalizado de uso de las pequeñas instalaciones pero los criterios son aplicables a cualquier otro tipo de edificación.

05.2.1 Ubicación del equipo y del sistema de captación

1. La MT especificará el lugar de ubicación del equipo y, para ello, se adjuntarán planos de situación de la edificación, de la instalación y, si fueran necesarios, otros planos de planta, alzado y secciones de la edificación que definan los sistema de captación y de acumulación.
2. El sistema de captación se ubicará en un lugar continuamente soleado y lo más cercano posible al sistema de acumulación, al sistema de apoyo y a los puntos de consumo. Si el lugar es de difícil acceso, se deberían tomar las medidas oportunas para facilitar la accesibilidad y prever su mantenimiento y reparación.
3. Las zonas de una vivienda que con más frecuencia se utilizarán para localizar el sistema de captación son las cubiertas inclinadas y las cubiertas planas, ya sean éstas transitables o no. En otras ocasiones se pueden ubicar directamente en el terreno o en estructuras construidas expresamente para ubicar el sistema de captación (pérgolas, cubiertas de aparcamiento, etc.).

4. Es necesario prever, en función del uso o actividades que se desarrollen en los espacios cercanos a los colectores, un sistema de recogida del agua de condensación ya que, en determinadas condiciones, se pueda producir condensaciones en los colectores y la estructura cuyos efectos deben evitarse.
5. En el caso de sistemas partidos se definirá la solución de ubicación tanto para el sistema de captación como para la acumulación entre las diversas alternativas posibles y que los espacios de la vivienda permitan.

05.2.2 Orientación e inclinación del sistema de captación

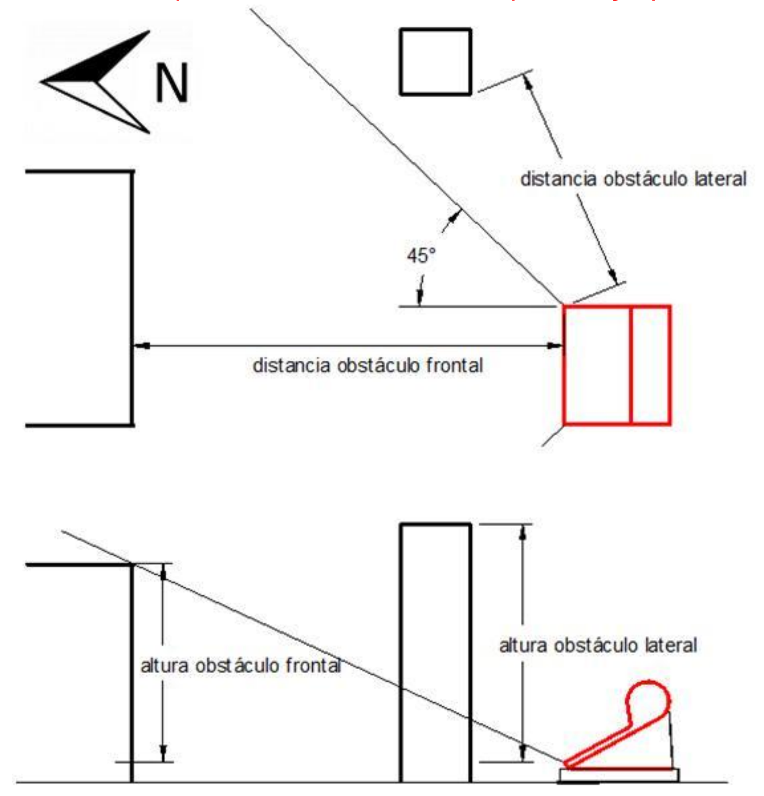
1. La MT especificará la orientación e inclinación del sistema de captación. El sistema de captación de las instalaciones recogidas en estas ETUS estará constituido por colectores con la misma orientación o inclinación.
2. La orientación e inclinación de los colectores solares se definirá como la solución óptima que haya considerado las máximas prestaciones energéticas y la mejor integración arquitectónica. Cuando estos criterios sean contrarios se buscará la mejor solución de compromiso entre ambos.
3. Los colectores se orientarán siempre al norte pero a efectos de estas ETUS se admiten desviaciones respecto al Norte de ± 45º.
4. En función de la variación del consumo a lo largo del año se definen tres tipos de uso que se denominan anual constante, estival o invernal:
- El uso es anual constante cuando no cambia a lo largo del año o cuando los valores medios diarios mensuales de consumo varíen menos de ± 25% respecto del valor medio diario anual.
- Se define una instalación solar de uso estival como aquella en la que el consumo de agua caliente durante al menos 4 meses de verano es superior en un 50% al valor medio anual.
- Se define una instalación solar de uso invernal como aquella en la que el consumo de agua caliente durante al menos 4 meses de invierno es superior en un 50% al valor medio anual.
5. Se admite, con desviaciones de hasta ± 15º que la inclinación de colectores respecto del plano horizontal sea:
- En instalaciones de uso anual constante: la latitud geográfica.
- En instalaciones de uso estival: la latitud geográfica – 10º.
- En instalaciones de uso invernal: la latitud geográfica + 10º.
6. La inclinación de los colectores estará dentro de los márgenes establecidos por el fabricante.
7. Los consumos en viviendas siempre se considerarán de uso anual constante.
8. En instalaciones integradas en la edificación no será necesario ajustarse a lo especificado en los puntos anteriores aunque deberá evaluarse la disminución de prestaciones en cada caso.
9. Se recomienda optimizar la orientación e inclinación realizando un análisis de sensibilidad sobre las prestaciones energéticas. Este análisis debe contemplar además de los valores anuales, las variaciones mensuales de los aportes solares.

05.2.3 Estudio de sombras.

1. La MT especificará los edificios y obstáculos, tanto del entorno cercano y lejano, para determinar los efectos producidos por sus proyecciones de sombras en el sistema de captación.
2. Cuando sea necesario documentar los obstáculos se podrán utilizar fotografías que recojan los obstáculos del horizonte en la orientación Norte y, si fuera necesario, NE y NO.
3. Asimismo, se deberán especificar las condiciones urbanísticas de las parcelas y los edificios situados al Norte (±45º) que puedan, en un futuro, proyectar sombras sobre el campo de colectores.
4. Se dejará constancia de la presencia de arboles al Norte (±45º), su tamaño actual, su previsible crecimiento y las posibles incidencias de sus sombras en el sistema de captación.
5. La evaluación de las pérdidas de radiación solar por sombras, se podrá obtener por comparación del perfil de los obstáculos en el diagrama de trayectorias aparentes del sol que, por ejemplo, se pueden obtener de http://solardat.uoregon.edu/SunChartProgram.html o se podrá usar alguno de los métodos de proyecciones estereográficas generalmente aceptados (Norma UNIT 1026:99).



6. Como opción simplificada, para justificar que no existen problemas de sombras, la posición de los obstáculos en relación con los colectores cumplirán los requisitos geométricos que se especifican a continuación para sombras frontales y laterales.
- Para las sombras frontales (obstáculos que en planta forman un ángulo con el norte inferior o igual a 45º), se establece que la distancia d entre la parte baja y anterior del colector y un

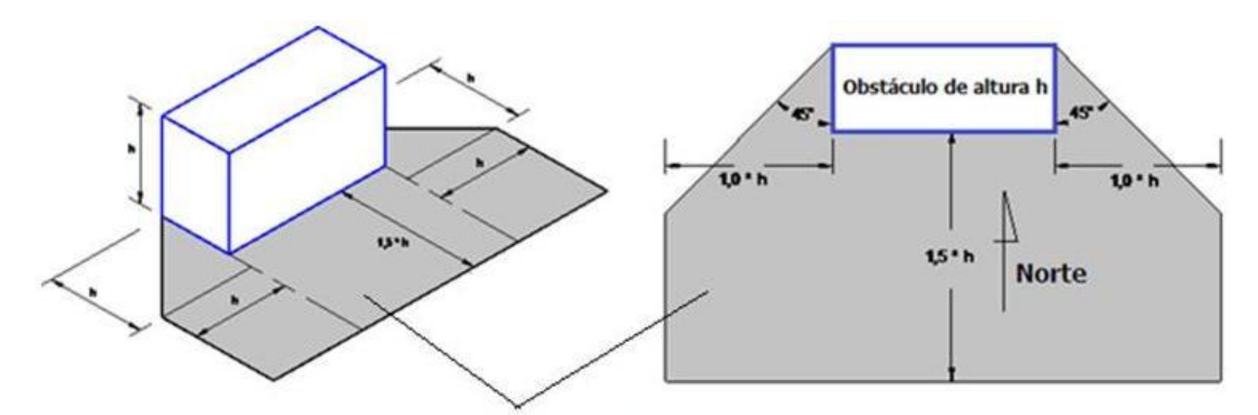


obstáculo frontal, que pueda producir sombras sobre la misma será superior al valor obtenido por la expresión d = 1,7 * h donde h es la altura relativa del obstáculo en relación con la parte baja y anterior del colector.
- Para las sombras laterales (obstáculos que en planta forman un ángulo superior a 45º con el N) la distancia d entre el colector y los obstáculos laterales que puedan producir sombras sobre la instalación será superior a los valores obtenidos desde d = 1,7 * h para 45º hasta d = h para 90º.

7. Cuando no se cumpla alguno de los requisitos geométricos anteriores, se evaluará que al mediodía solar del solsticio de invierno no haya más de un 10% de la superficie de apertura de colectores en sombra.
8. Cuando las proyecciones de sombra sobre el equipo superen los mínimos anteriormente establecidos, se verificará que la reducción de las prestaciones no afecta al cumplimiento de la fracción solar mínima establecida y se requerirá la conformidad por parte del usuario de la reducción de las prestaciones sobre la misma instalación sin problemas de sombra.
9. Si fuera necesario, se podrá calcular la reducción de la radiación solar incidente o la disminución de las prestaciones energéticas de la instalación teniendo en cuenta el efecto de las sombras y sólo un análisis y cálculo detallado de los efectos de las mismas permitirá determinar la influencia en las prestaciones globales y en la variación estacional de las mismas.
10. No obstante todo lo anterior, se podrá justificar la falta del recurso solar en aquellas superficies de la edificación donde, por barreras externas al mismo se pudieran producir importantes sombras en el campo de colectores. A estos efectos, no se considerarán obstáculos los elementos del propio edificio que se puedan modificar en fase de diseño (estanques de agua, etc.)
11. Se considerarán aptas para la instalación de colectores solares todas las superficies que no estén afectadas por una reducción de la radiación solar incidente superior al 10%.
12. Para evaluar el criterio anterior, se podrán obtener las pérdidas de radiación solar por sombras de la forma indicada en el punto 5 anterior de este mismo apartado.

13. Se podrá utilizar un método simplificado de verificación geométrica que consiste en descomponer todos los obstáculos previstos en una composición de prismas rectos de base cuadrada y definir la envolvente de las zonas de sombras de forma que se admitirá que cumplen la condición anterior las superficies situadas al Sur del obstáculo que libren:

- Las sombras frontales arrojadas hasta una distancia de 1,5 veces la altura del obstáculo.
- Las sombras laterales arrojadas hasta una distancia lateral igual a la altura del obstáculo.



Zona de sombras en el plano horizontal

14. A los efectos de justificar la exoneración será necesario:

- Documentar, gráfica y geométricamente, todas las barreras internas y externas a la edificación clasificadas en alguna de las siguientes categorías: obstáculos del propio edificio, otros edificios u obstáculos colindantes, planes urbanísticos vigentes pero con edificios no ejecutados, y otras previsiones.
- Presentar planos de la edificación y de su entorno en los que se indique la posición y altura de los obstáculos prismáticos y las zonas de sombras que produce. A partir de esa información se definirán, si existieran, las zonas aptas para la instalación de colectores.
- Sobre esos espacios se analizarán las posibilidades de implantación de colectores solares y, realizando el cálculo de prestaciones energéticas, definir la propuesta de exoneración total o parcial que proceda. Incluir las distintas alternativas estudiadas.

05.2.4 Seguridad o soluciones estructurales

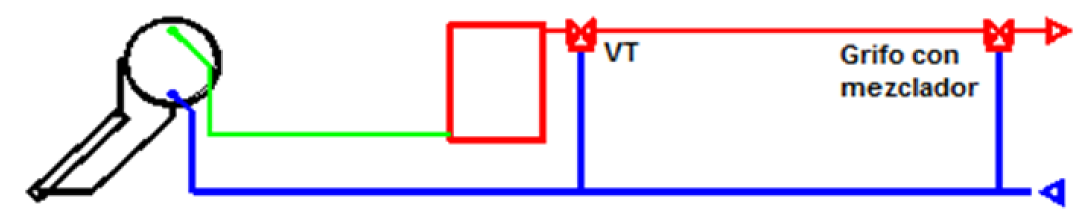
1. A la MT se adjuntará la documentación necesaria realizado por técnico competente conforme a la legislación Uruguaya para definir las características y detalles constructivos de la estructura y justificando el cumplimiento de toda la normativa aplicable.
2. La estructura soporte se diseñará y calculará para resistir todas las posibles acciones establecidas en la normativa vigente. Especial relevancia adquieren las cargas de viento en los colectores solares: la instalación debe cumplir, al menos, con la norma UNIT 50-84 Acción del viento sobre construcciones.
3. Asimismo, se justificará la estructura necesaria para soportar y/o distribuir los pesos de los restantes elementos de la instalación y, fundamentalmente, del sistema de acumulación solar.
4. El diseño y la construcción de la estructura y el sistema de fijación permitirá las necesarias dilataciones térmicas sin transmitir cargas que puedan afectar a la integridad del equipo y de cualquier parte de la edificación. El sistema de sujeción de colectores empleado será descrito en el manual del fabricante de colectores.
5. El diseño de la estructura se realizará considerando las necesidades para su montaje, para un eventual desmontaje y, las necesarias para cualquier operación de mantención o reparación de cualquier componente de la instalación. Deberán considerarse todas las sobrecargas que puedan producirse.
6. El material de la estructura soporte cumplirá con lo especificado en el apartado 02.2.2.



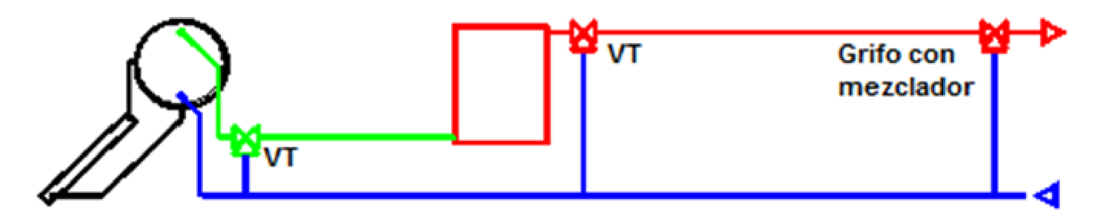
05.3 INTEGRACIÓN DE PEQUEÑOS SST EN LAS INSTALACIONES SANITARIAS

05.3.1 Configuraciones de la instalación de producción de ACS

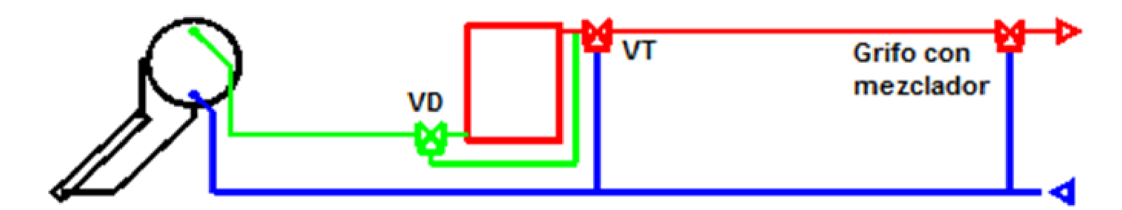
1. Para asegurar la continuidad del suministro, la instalación solar debe disponer un sistema de apoyo conectado en serie en el circuito de consumo. El sistema de apoyo se encarga, cuando sea necesario, de realizar el calentamiento final hasta la temperatura deseada.
2. La temperatura de entrada al sistema de apoyo será la de salida de la parte solar y ésta será función de la configuración de la instalación solar elegida, del sistema de control y de las condiciones meteorológicas y de consumo.
3. La temperatura de salida del SST será variable y estará comprendida entre la temperatura de agua fría y un valor máximo que puede estar definido por: la temperatura regulada en una válvula mezcladora instalada a la salida de la instalación solar, por la temperatura máxima a la que se le permite a la instalación solar calentar el agua o por la que alcanza el SST sin ningún tipo de limitación
4. En la conexión entre el sistema de apoyo y el consumo se deberá disponer una válvula termostática VT mezcladora que garantice que al punto de consumo del usuario no llegan más de 60ºC. Es necesario regular, tanto la temperatura de preparación del sistema de apoyo como la de la válvula mezcladora, a la menor temperatura posible compatible con el consumo.



5. Cuando el sistema de apoyo, o sus accesorios del circuito de consumo, no soporten la temperatura máxima que pueda suministrar el equipo solar, la instalación deberá disponer de una válvula de tres vías a la salida del equipo solar o un sistema que produzca un efecto similar. Si se garantiza que al punto de consumo del usuario no llegan más de 60ºC, se puede eliminar la válvula termostática mezcladora a la salida del equipo de apoyo.

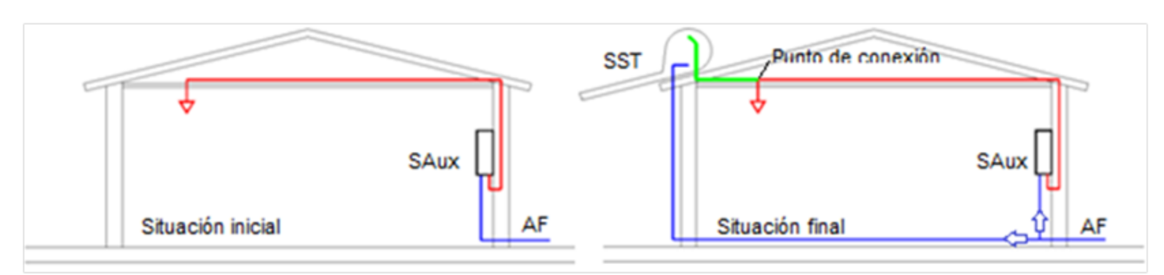


6. También se podrá utilizar la opción de que la válvula de 3 vías sea diversora VD y su función sea hacer la función de bypass el sistema de apoyo para canalizar el fluido directamente a la válvula mezcladora posterior al sistema de apoyo.

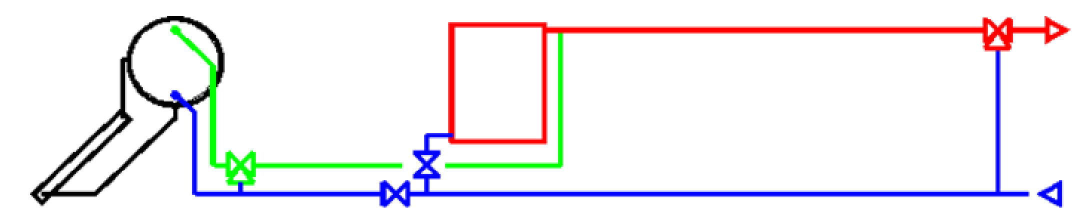


7. Los sistemas de calentamiento auxiliar que utilizan válvulas mezcladoras, para proteger al equipo o al usuario de temperaturas elevadas, puede reducir significativamente el caudal de consumo que pasa por el equipo solar por lo que penaliza el rendimiento y las prestaciones energéticas de la instalación solar.

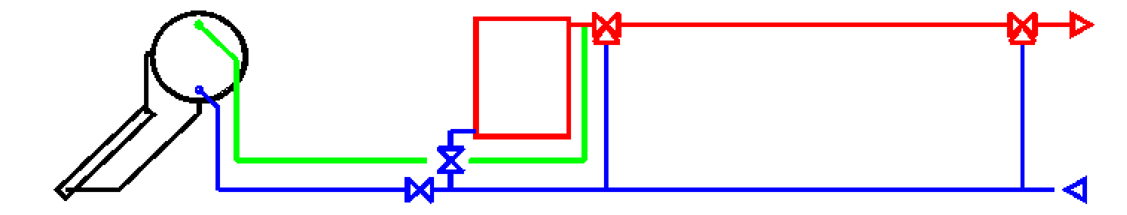
8. Excepcionalmente, la conexión del equipo solar y del sistema de apoyo se podrá realizar en paralelo cuando el recorrido de tuberías de agua caliente desde el acumulador solar hasta el punto de consumo más lejano sea superior a 15 metros lineales a través del sistema de apoyo. También se utiliza cuando el sistema de apoyo no admite temperatura de entrada del agua que no sea fría. Normalmente surge en instalaciones existentes.



9. En el caso de conexión en paralelo, el abastecimiento de agua caliente al consumo se puede realizar, opcionalmente, desde el sistema de apoyo o desde la instalación solar. Para dar el servicio adecuado esta forma de acoplamiento requiere que el acumulador solar disponga de la temperatura de preparación mínima establecida. Cuando la temperatura del acumulador solar desciende del valor de consigna asignado, la conexión debe conmutarse al sistema de apoyo.
10. En este tipo de acoplamiento resulta necesario manipular, manual o automáticamente, la conexión de ambos sistemas. Cuando sea manual la conmutación de sistemas será fácilmente accesible y dispondrá de un indicador de la temperatura del acumulador solar fácilmente visible por el usuario.
11. El conexionado en paralelo se puede realizar, si el equipo auxiliar no requiere válvula termostática mezcladora, utilizando exclusivamente la VT del SST:



12. Cuando el equipo auxiliar requiere válvula termostática mezcladora se debe montar en la salida a consumo y opcional y adicionalmente se podría montar otra en el SST



05.3.2 Sistema de Apoyo o de Energía Auxiliar

1. Aunque el diseño de los sistemas de apoyo no es objeto de este Manual, su toma en consideración es imprescindible porque un mal diseño o inadecuado funcionamiento del mismo puede tener efectos muy perjudiciales en el funcionamiento y las prestaciones del SST.
2. Si el sistema de apoyo es nuevo, la MT especificará el sistema elegido, el tipo de energía, la capacidad de acumulación auxiliar si la hubiera y las especificaciones del equipo generador de calor y su sistema de regulación.

3. Si el equipo de producción de ACS se va a utilizar como sistema de apoyo del SST, la MT especificará las mismas características fundamentales requeridas para un sistema nuevo. Es necesario revisar e informar de sus condiciones de funcionamiento.
4. El sistema de apoyo podrá ser cualquiera de los utilizados en los sistemas convencionales e individuales de preparación de agua caliente sanitaria ya sean del tipo con acumulación o instantáneo.
5. Como sistemas individuales de acumulación se utilizan calefones o termos eléctricos o depósitos acumuladores acoplados a calderas de calefacción. El propio diseño de los sistemas de acumulación lleva implícito que dispongan de regulación de la temperatura de preparación.
6. Como sistemas individuales instantáneos se suelen utilizar calentadores instantáneos o calderas mixtas; a efectos de optimizar el funcionamiento de la instalación solar, el requisito funcional más importante es que permitan la regulación de la temperatura de salida del calentador y mejor si, a la vez, se reduce proporcionalmente el consumo de combustible.
7. El sistema de aporte de energía térmica en el sistema de apoyo siempre dispondrá de un termostato de control sobre la temperatura de preparación que, respetando la normativa vigente que le sea de aplicación, se encontrará tarado al menor valor posible. Este requisito únicamente no será de aplicación en los calentadores instantáneos de gas no modulantes.
8. Además del control automático de la alimentación de energía y el funcionamiento del sistema de apoyo, éste se podrá siempre desconectar manualmente y, en ese caso, no podrá funcionar aunque sea necesario por la falta de temperatura en el SST.
9. El sistema de energía de apoyo no se podrá incorporar en el acumulador solar ni en los circuitos de calentamiento solar.
10. El sistema de energía de apoyo se calculará de forma que sea capaz de cubrir toda la demanda sin aporte de energía solar y cumplirá la normativa vigente.
11. Cuando el sistema de energía de apoyo sea eléctrico, la potencia correspondiente puede estar limitada por la reglamentación vigente.

05.3.3 Circuito hidráulico de consumo

1. Este apartado se refiere exclusivamente al circuito de agua de consumo; las especificaciones del circuito primario deben estar incluidas en los manuales del sistema prefabricado o en el diseño d l sistema a medida.
2. Todo el circuito de la instalación tendrá que cumplir la normativa de instalaciones sanitarias que le sea de aplicación
3. La MT hará referencia al esquema de la instalación que especificará, sobre planos de la edificación, la ubicación del equipo solar, el sistema de apoyo y el trazado de tuberías de los circuitos de la instalación hasta los puntos de consumo.
4. La MT y el esquema indicarán el caudal de diseño, el dimensionado y características de las tuberías y las especificaciones de su aislamiento térmico. Todas las tuberías, sean metálicas o de material plástico, accesorios y componentes de la instalación que transporten agua caliente dispondrán de aislamiento térmico. Para el cálculo de pérdidas térmicas y determinación de espesores de aislamiento de cualquiera de los circuitos hidráulicos de una instalación de producción de ACS serán aplicables los criterios y valores del apartado 06.6
5. El diseño del circuito hidráulico deberá realizarse de forma que se garantice la estabilidad del caudal y de la temperatura de servicio. Se controlará que no haya distintas pérdidas de carga que introduzcan una modificación significativa en los caudales de los circuitos de consumo con recorridos alternativos.
6. Los trazados de tuberías de los circuitos de la instalación se realizarán de forma que se garanticen los caudales de diseño y se minimicen las pérdidas térmicas de la instalación completa.
7. Cuando el trazado hidráulico sea realizado en montaje superficial y visto, se deberán respetar los ejes principales de la edificación y no se realizarán trazados sinuosos ni oblicuos.
8. La MT especificará las características del sistema para absorber la dilatación y evitar que la presión supere el máximo previsto.
9. El esquema de funcionamiento especificará las válvulas, accesorios y otros componentes del circuito hidráulico que se incorporen en la instalación:

- Siempre se dispondrá una válvula de corte en la acometida de agua fría a la instalación. Opcionalmente, se puede instalar un bypass completo.
- En la acometida de agua fría se instalará, además, una válvula de seguridad y una válvula de retención.
- Se instalarán otras válvulas de corte y de vaciado cuando sean imprescindibles para facilitar las operaciones de mantenimiento.
- La posición de las válvulas de seguridad y la conducción del escape deberá garantizar que, en caso de descarga, no provoquen accidentes o daños.
- Las válvulas de vaciado estarán protegidas contra maniobras accidentales y serán conducidas con las descargas visibles.
- Los escapes de las válvulas de seguridad y las salidas de las válvulas de vaciado serán conducidas, hasta la red de drenaje de la edificación, mediante tuberías que dispondrán de las pendientes necesarias para que no puede retener agua en todo su recorrido.

10. Cuando sea necesario se colocarán sistemas de purga de aire que, preferentemente, estarán constituidos por botellines de desaire y válvula de corte manual. En los circuitos de consumo no se instalarán nunca purgadores automáticos de aire.
11. Todos los materiales de las tuberías del circuito de consumo serán compatibles con la calidad sanitaria y soportarán las condiciones extremas de funcionamiento. Las tuberías cumplirán la reglamentación vigente y los requisitos establecidos en 02.6
12. Los soportes y elementos para absorber las dilataciones de las tuberías deben cumplir con lo establecido en la normativa vigente.

05.3.4 Equipos de medida y control

1. Los sistemas de medida y control son los dispositivos que se incorporan en la instalación solar para que el usuario pueda controlar su correcto funcionamiento.
2. Si el sistema de apoyo funciona correctamente y está siempre conectado, el usuario dispondrá de agua caliente y no recibe ninguna información sobre el funcionamiento correcto o incorrecto de la instalación solar.
3. Es necesario disponer de un sistema de medida para realizar ese control o establecer un procedimiento que periódicamente permita verificar el correcto funcionamiento.
4. Se especificará el sistema de medida o el procedimiento de verificación del correcto funcionamiento que se utilizará de acuerdo con la configuración de la instalación.
5. En los equipos forzados que ya tienen sistema para control de funcionamiento de bombas normalmente disponen de las medidas de temperaturas de las sondas del equipo de control y de la señalización de funcionamiento de la bomba de circulación.
6. En los equipos termosifón se recomienda instalar un termómetro para medir, preferentemente, la temperatura interna del acumulador y si no fuera posible, la temperatura de salida de agua caliente del acumulador situado en un lugar fácilmente accesible.
7. La medida de temperaturas más adecuada para el control de funcionamiento sería la de la parte alta del acumulador solar realizada con termómetro digital y remoto para permitir sea fácilmente accesible.
8. Se recomienda instalar termómetros, o al menos vainas para sondas de temperatura, en la entrada/salida del intercambiador o de colectores pero, en este caso, es importante reseñar que la temperatura medida en tuberías dependen de la existencia de circulación de fluido.
9. En los sistemas a medida, siempre se debe disponer, como mínimo y en lugar fácilmente accesible, además del termómetro en el acumulador, de un manómetro para medir la estabilidad de la presión del circuito cerrado y comprobar que no existen fugas. La presión debe medirse con el circuito frio a primera hora de la mañana.
10. Además de los sistemas de medida, entre los procedimientos que se pueden establecer para verificar el correcto funcionamiento se encuentran:

- Analizar periódicamente el calentamiento del equipo en un día soleado y sin consumo.
- Anular el sistema de apoyo y comprobar la temperatura del agua caliente solar.



05.3.5 Relación con otras instalaciones

1. Es importante tener en consideración las interrelaciones de la instalación solar térmica con las restantes instalaciones de la vivienda. Además de las conexiones con las redes sanitarias de agua fría y caliente, se deben analizar las conexiones con la red de desagües y la red eléctrica cuando sea necesario.
2. En todos los casos deberá cumplirse la normativa correspondiente que sea de aplicación.
3. En las conexiones con las redes de agua fría y caliente se deben tener en cuenta:
   - El diámetro, la presión y caudales disponibles para la elección de los puntos de conexión.
   - La compatibilidad de los materiales de la instalación existente y los que se van a instalar para garantizar la durabilidad del conjunto.
4. La integración de la nueva instalación solar se realizará de forma que no se vean afectadas las condiciones de suministro de agua caliente en el punto de consumo. A estos efectos es importante estudiar las pérdidas de carga que se pueden introducir con la nueva instalación.
5. La conexión de las válvulas de vaciado o los escapes conducidos de las válvulas de seguridad se hará de forma que el paso de agua resulte visible y se tendrá en cuenta la posibilidad de vertido de fluido caliente a la red de desagües adoptando las medidas adecuadas para que no afecten a la resistencia y durabilidad de los misma.
6. Se deberá prever la evacuación de agua o de fluido por eventuales vaciados o por la aparición de fugas en cualquier parte de la instalación.
7. Cuando sea necesaria la alimentación eléctrica para el funcionamiento de algún componente de la instalación solar se verificarán las características de tensión, la disponibilidad de sección suficiente para la potencia necesaria así como las protecciones correspondientes de la línea.

05.4 GENERALIZACIÓN DE LA INTEGRACIÓN DE LOS SST EN LA EDIFICACIÓN

1. Los criterios de integración de pequeñas instalaciones descritos el apartado 05.2, como la ubicación del sistema de captación, la orientación e inclinación, el estudio de sombras y la seguridad estructural del montaje, son aplicables a instalaciones de tamaño medio y grande. Adicionalmente deben considerarse las singularidades de estas instalaciones que se especifican a continuación.
2. El campo de colectores se realizará integrando los colectores en baterías y realizando la distribución de baterías en una o varias filas que siempre serán rectas y paralelas.
3. En relación con el tipo y número final de colectores, dato de partida para todo el proyecto, debe ser el resultado de un proceso iterativo de diseño del campo de colectores cuyo objetivo sea disponer baterías de igual tamaño y distribuidas de forma homogénea en el espacio disponible.
4. Cuando no sea posible alcanzar dicho objetivo, se recomienda renunciar a una parte del campo de colectores cuya instalación pueda desajustar las baterías, complicar la instalación o desequilibrar los circuitos o, en otras ocasiones y por las mismas razones, instalar algunos colectores adicionales a los inicialmente previstos.
5. En función de las características del lugar de implantación, muchas veces es necesario renunciar a la posibilidad de hacer baterías iguales y de entrada se establece el criterio de diseñar un campo con distintos tamaños de baterías y asumiendo, por tanto, que será necesario utilizar válvulas de equilibrado para ajustar los caudales en cada batería como posteriormente se verá.
6. Las filas de colectores se podrán situar sobre un mismo plano (colectores superpuestos) o desfasadas en distintos planos paralelos; en este caso, las filas de colectores estarán separadas la distancia necesaria para evitar sombras arrojadas de unas a otras.
7. Para definir la separación entre filas se adoptarán los mismos criterios establecidos para los obstáculos en el apartado 05.2.3 y será necesario calcular la altura del mismo en función de la longitud del colector solar y el ángulo de inclinación.
8. Cuando el sistema de captación sea de gran tamaño se realizará un análisis detallado de las sombras en distintas zonas del campo de colectores.
9. Como ya se indicó, las instalaciones solares de tamaño medio y grande siempre serán sistemas a medida, su diseño deberá tener en consideración todas las especificaciones del capítulo 6.

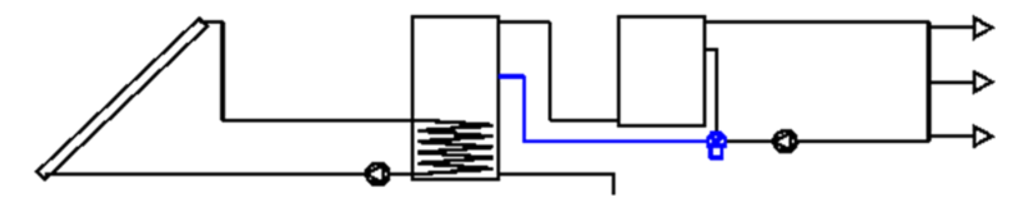
05.5 GENERALIZACIÓN DE LA INTEGRACIÓN EN LA INSTALACIÓN SANITARIA

05.5.1 Configuraciones de los sistemas de apoyo

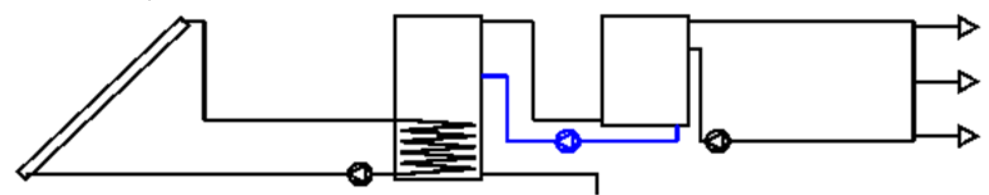
1. La configuración del sistema de apoyo podrá ser cualquiera de las utilizadas en los sistemas convencionales de preparación de agua caliente sanitaria: con acumulación o instantáneo.
2. Los sistemas de apoyo centralizados siempre estarán conectados en serie con la acumulación solar en el circuito de consumo y dispondrá de termostato de seteo de la temperatura de preparación.
3. Se cumplirán los requisitos establecidos en 05.3 que le sean de aplicación.

05.5.2 Acoplamiento del sistema de apoyo en IST

1. El acoplamiento a la instalación solar es similar al caso de pequeños SST y pueden adoptarse las mismas soluciones indicadas:
- Bypass de conexión para aislar hidráulica y completamente la instalación solar
- Limitación de la temperatura de salida del acumulador solar
- Limitación de la temperatura de distribución desde la salida del sistema de energía auxiliar
2. Una diferencia importante es que los circuitos de distribución pueden tener largos recorridos de tuberías hasta los puntos de consumo y, en ese caso, se instalan los circuitos de recirculación para reducir los tiempos de espera y los consumos de agua.
3. El circuito de recirculación no debe interferir en el funcionamiento de la instalación solar y para ello el retorno de agua caliente, que se habrá enfriado algo por las pérdidas térmicas después de salir del sistema de apoyo, debe realizarse sobre el mismo acumulador del sistema de apoyo.
4. Si este retorno tuviera lugar sobre el acumulador solar se podría calentar éste con la energía de apoyo y disminuir, además, el rendimiento de la instalación solar debido al menor rendimiento del sistema de captación solar cuando la temperatura de entrada a colectores aumenta.
5. No obstante, en determinadas circunstancias puede ocurrir que el retorno pueda estar más frío que el acumulador solar e interese aprovechar la instalación solar para que la entrada al apoyo sea del acumulador solar y no la del retorno. En este caso, se puede disponer una válvula de tres vías que normalmente estará en posición de alimentar al sistema auxiliar pero, mediante un control diferencial, se podrá aprovechar la mayor temperatura del acumulador solar:



6. En algunas instalaciones, normalmente de tamaño medio con una gran variación del consumo, se puede mejorar la eficiencia de la instalación global si se utiliza, como alternativa a la recirculación indicada anteriormente, una bomba de trasvase entre el acumulador solar y el sistema auxiliar con la estrategia de control de que funcione cuando la temperatura en el acumulador auxiliar sea inferior a la de la parte alta del acumulador solar:





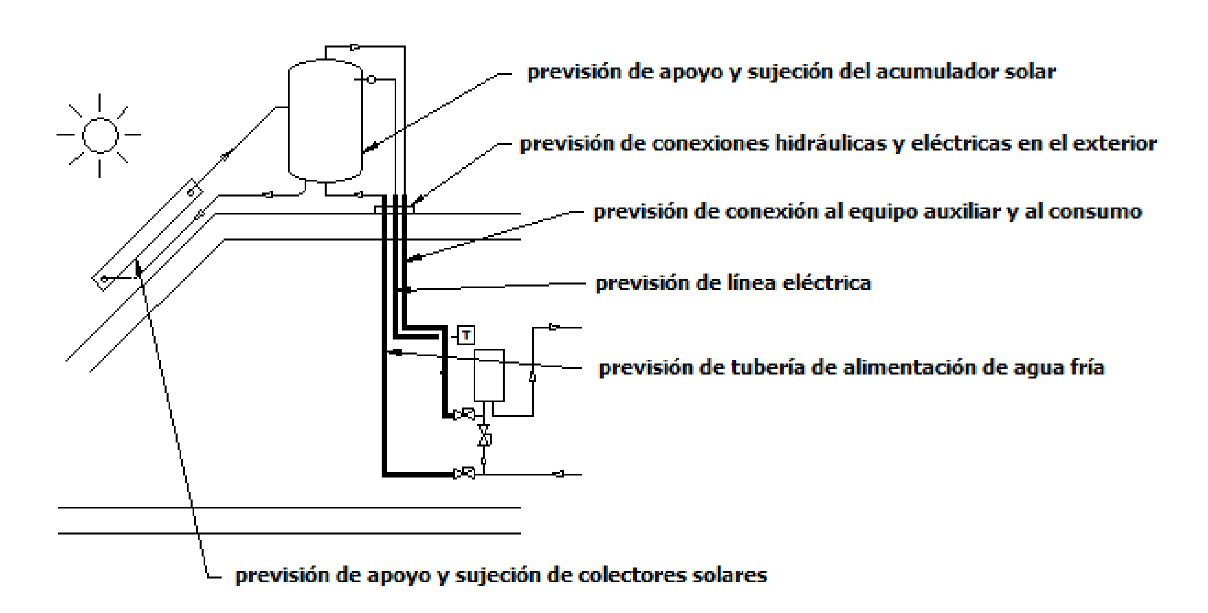
05.6 PREINSTALACIONES SOLARES

05.6.1 Objetivos y criterios generales

1. La incorporación del equipamiento para el calentamiento de agua por energía solar térmica en una edificación existente plantea una serie de problemas relacionados, fundamentalmente, con:
   - La ubicación de colectores solares y del sistema de acumulación solar.
   - Los trazados de tuberías y líneas eléctricas.
   - El conexionado y la adecuación de la instalación auxiliar
2. Si durante el proyecto y ejecución de la edificación se tuvieran en cuenta los requisitos necesarios para que, en un futuro, se pueda realizar una instalación solar y se realizan pequeñas previsiones, tanto de instalaciones sanitarias como de obras con escasa incidencia en cuanto a costos que, posteriormente, facilitarán enormemente la implantación de los sistemas solares térmicos.
3. La falta de esas previsiones exigiría, a posteriori, soluciones singulares, reformas y adaptaciones en la construcción y las instalaciones para la implantación del equipamiento solar térmico. Esta situación produciría, además, un encarecimiento del costo final de la instalación que en algunos casos hace más difícil, y en algunos casos inviable, la opción solar.
4. La parte de las instalaciones que deberían quedar previstas en una edificación para que posteriormente sea posible una fácil implantación de una instalación solar constituye la denominada previsión de instalación sanitaria y de obras o también preinstalación solar.
5. Como puede haber distintos grados de ejecución de preinstalaciones, en este apartado se definen los requisitos mínimos a cumplir que podrán ser complementados, voluntariamente, con otros que se pueden dejar previstos para que posteriormente sea más fácil, sencillo y económico realizar la instalación.
6. A los efectos del diseño de preinstalaciones, la solución es proyectar la instalación solar completa, como mínimo con nivel de proyecto básico, y en base a dicho proyecto decidir los sistemas y componentes que hay que instalar y las obras a ejecutar así como las soluciones finales previstas pero que se dejarían sin instalar.
7. En cualquier caso, el proyecto básico debe elaborarse con la máxima flexibilidad para permitir el uso de componentes alternativos e intercambiables y evitar la discriminación tecnológica.

05.6.2 Preinstalaciones solares de pequeños SST

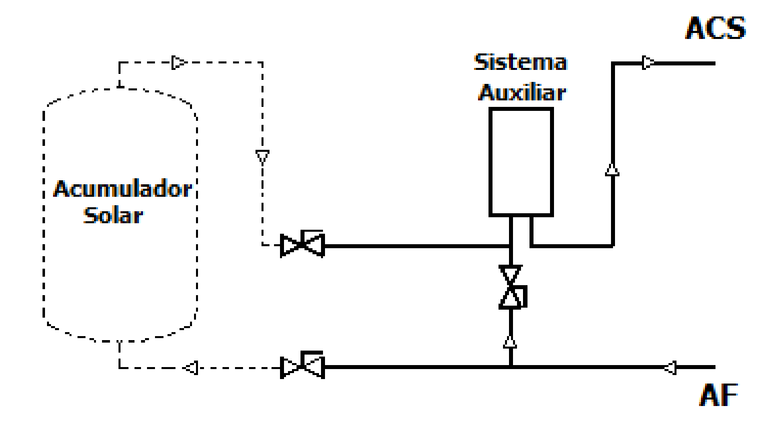
05.6.2.1 Sistemas compactos o integrados





1. En la preinstalación de un pequeño sistema solar térmico, sea compacto o integrado, se deben tener en cuenta todos los condicionantes necesarios para el montaje del equipamiento que, básicamente, estarán relacionados con los espacios disponibles, las previsiones estructurales para apoyo y sujeción de colectores y acumuladores, con todos los complementos que sean necesarios, así como las condiciones de traslado y montaje.
2. Otro requisito importante es el circuito de consumo para interconexión con el sistema auxiliar y el consumo. Este circuito debe estar constituido por:

- una tubería de alimentación de agua fría hasta el equipamiento
- una tubería de agua caliente, con su aislamiento, para la conexión de la salida de ACS de la instalación solar con el sistema auxiliar y el consumo.
- la línea eléctrica que sea necesaria para los elementos de control o, alternativamente, un tubo de



protección de línea eléctrica con guía.

3. El tercer requisito a definir es la forma de conexión del SST con el sistema auxiliar: la parte fundamental es la previsión de un bypass para las conexiones del acumulador solar antes del equipo auxiliar de forma que simplemente actuando las válvulas se realice su acoplamiento al circuito de consumo.
4. El procedimiento de conexión dependerá del tipo de equipo auxiliar y de los condicionantes:

- Si el sistema auxiliar es un calefon eléctrico, es sencillo dejar la previsión del conexionado en serie (primero el agua fría se calienta en el equipo solar y después pasa al calefon).
- La solución es similar si el sistema auxiliar es un calentador instantáneo de gas modulante para energía solar pero habrá que adoptar soluciones diferentes en función del tipo de calentador.

05.6.2.2 Sistemas partidos

1. En el caso de pequeños sistemas solares partidos son necesarias, y normalmente independientes, las previsiones estructurales y de espacio tanto para la instalación de los colectores y del acumulador con sus accesorios así como las condiciones de traslado y montaje.
2. Además, es necesario dejar previstas las líneas de interconexión entre colectores y acumulador que comprende:

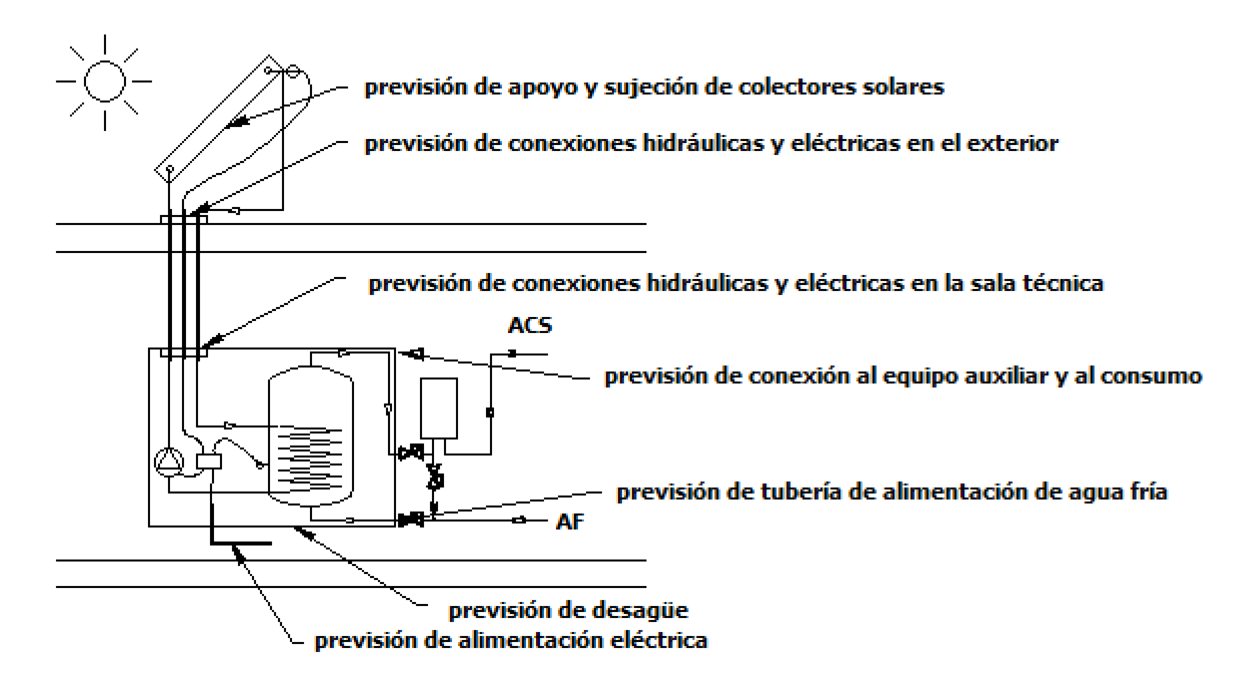
- las tuberías aisladas de impulsión y retorno para cerrar el circuito primario
- una línea eléctrica para la conexión de la sonda de colectores o un tubo de protección de línea eléctrica con guía.

3. En la sala técnica, donde se vaya a instalar el acumulador, bomba, control diferencial, etc. es necesario dejar previsto:

- una tubería de alimentación de agua fría
- una tubería de agua caliente aislada para la conexión con el sistema auxiliar y el consumo
- una línea de alimentación eléctrica
- una previsión de desagües de la sala técnica

4. Hay que señalar que este tipo de preinstalación puede ser la de uso más generalizado ya que permite el conexionado tanto de un equipo partido como el de uno compacto, en este caso utilizando para el agua fría una de las tuberías aisladas. Las únicas precauciones que se deben adoptar cuando se quiera realizar una preinstalación para ambas posibilidades es el uso de materiales para tuberías que sean compatibles en cualquiera de los casos (por ejemplo, utilizando

cobre) y las previsiones en el conexionado del sistema de energía auxiliar que debe permitir una fácil modificación posterior para el acoplamiento del equipo solar.



05.6.3 Generalización de preinstalaciones solares

05.6.3.1 Exigencia del proyecto básico

1. El proyecto básico debe recoger la información suficiente para definir las características técnicas generales de una instalación aportando los criterios a considerar para:
   - realizar las previsiones sanitarias y de obra que sean necesarias
   - elaborar con posterioridad el proyecto completo que utilice las preinstalaciones realizadas.
2. El proyecto básico debe incluir, como mínimo, la información de diseño y cálculo incorporada en la Memoria y Planos que se definen a continuación.
3. La Memoria Técnica del proyecto básico incluyendo, como mínimo:

- La selección de la configuración prevista y las condiciones de temperatura y presión máxima adoptadas para la selección de materiales empleados en las preinstalaciones
- Numero y tamaño tanto de colectores como de acumuladores y los condicionantes que deban considerarse para su implantación
- Cálculos, datos y soluciones adoptadas para la ejecución de las preinstalaciones.
- Condiciones de contorno del edificio y datos de partida (parámetros de uso, climáticos y funcionales) considerados para el cálculo de prestaciones energética: demanda y aporte solar térmico y fracción solar en base mensual.
- Proyecto estructural para colectores y acumuladores y previsiones adoptadas para la distribución de carga a la edificación.

4. Planos:

- Emplazamiento edificio, colectores y sala técnica. Orientación, obstáculos y sombras
- Previsiones de ubicación y distribución de colectores solares y los componentes de la sala técnica y situación acumulación, intercambio, bombas, expansión y control.
- Circuitos y trazado de los circuitos de interconexión, diseño y situación componentes principales y complementos hidráulicos: sistema de sistemas de llenado, purga y vaciado. No es necesario el diseño hidráulico interno del campo de colectores o de sala técnica.
- Integración y conexión con las restantes instalaciones del edificio incluidas todas las especificaciones del sistema de energía auxiliar
- Esquema de funcionamiento general y criterios del esquema eléctrico y de control.
- Diseño de estructura y sujeción de colectores y acumuladores. Soportes y detalles constructivos



05.6.3.2 Previsiones de instalaciones sanitarias y de obras

1. En base al proyecto básico, las previsiones de instalaciones sanitarias y de obras podrán estar referidas al campo de colectores a la sala técnica y a los circuitos de interconexión.
2. En relación al campo de colectores:
- Espacio total previsto para que sea ocupado por colectores solares.
- Distribución de las líneas de colectores en el espacio asignado definiendo la separación entre filas para que no existan proyecciones de sombras. El estudio se realizará para un colector de 2.200 mm. de altura mínima.
- Sistema estructural previsto para apoyo y sujeción de los colectores, o su estructura soporte auxiliar.
3. Para la sala técnica se habrá previsto:
- Localización de la sala técnica con distribución de acumulador(es) así como los componentes principales de la instalación (intercambiadores, bombas y cuadro eléctrico).
- Previsiones para traslado y montaje de acumuladores
- Espacios para mantenimiento
4. Circuitos de interconexión
- Trazados de tuberías: especificando materiales, diámetros y aislamientos necesarios.
- Trazados de líneas eléctricas y previsiones
- Adecuación del sistema auxiliar: que soporte la temperatura del acumulador solar, que disponga de termostato de control de la temperatura de preparación,…
- Bypass para conexionado del sistema auxiliar

05.6.4 Modelo de planilla de componentes

1. Para cada componente se establecerá su completa definición en memoria, localización en planos, cantidades, tipo de material, etc.
2. Se utilizará el siguiente modelo de planilla de componentes:

Referencia	Componentes
A	Caños de abastecimiento de agua caliente sanitaria solar
B	Llaves de paso
C	Espacio para tanque de acumulación
D	Sala técnica
E	Apoyos para colocación de futuros colectores solares
F	Refuerzo de elementos estructurales para colectores solares
G	Refuerzo de elementos estructurales para acumulación
H	Nichos para colocación de contadores de agua caliente individual
I	Localización de sistema de registro de consumo de agua caliente
J	Espacio para equipo de calentamiento auxiliar
K	Ducto de enhebrado de contadores a sistema de registro
L	Otros



06. DISEÑO

1. Este capítulo recoge especificaciones exclusivamente aplicables al diseño de sistemas a medida
2. Para el cálculo de pérdidas térmicas y determinación de espesores de aislamiento de cualquiera de los circuitos hidráulicos de la instalación de ACS incluyendo los de sistemas prefabricados y sistemas de energía auxiliar, serán aplicables los criterios y valores del apartado 06.6

06.1 SISTEMA DE CAPTACIÓN

1. La MT especificará la marca y el modelo de colector seleccionado con sus características principales así como el número de ellos. Todos los colectores que integren una instalación deberán ser del mismo tipo y modelo. El colector solar seleccionado cumplirá los requisitos del apartado 02.2.
2. La MT también especificará la configuración del campo de colectores, que quedará definida por los siguientes datos:

- Superficie y potencia útil total, Número de grupos, de baterías y de colectores por batería
- Caudal total del circuito solar, tipo de conexionado y caudal específico por colector
- Configuración de baterías, grupos y criterios de equilibrado. Complementos hidráulicos.

3. La MT se complementará con los planos de ubicación de la instalación y, si fueran necesarios, planos de planta, alzado y secciones de la edificación incluyendo el campo de colectores con la siguiente información:

- Emplazamiento edificio, orientación, obstáculos y sombras
- Ubicación y orientación de colectores (distancias a obstáculos y entre ellos, accesos)
- Trazado de circuitos, dimensionado y situación de componentes (válvulas de corte, seguridad, equilibrado y purga)
- Diseño de la estructura base, intermedia y sujeción de colectores. Detalles constructivos.

06.1.1 Diseño hidráulico y térmico del campo de colectores

A) Baterías de colectores.

1. Los colectores solares se agrupan formando baterías. La batería es la unidad de referencia para obtener la disposición definitiva del campo de colectores sobre la edificación.
2. Se denomina batería de colectores a un conjunto de colectores que se comportan como un único colector con un área de captación suma de la de todos los colectores que la componen y con un rendimiento equivalente calculado por la composición de los rendimientos de cada colector en función del tipo de conexionado y del caudal de diseño.
3. Los colectores de una misma batería podrán estar conectados entre sí en serie, en paralelo o combinando ambos tipos de conexiones.
4. Los colectores que componen una batería se instalarán sobre una estructura común de apoyo de forma que se garantice que los circuitos hidráulicos internos sean idénticos y se asegure el mismo funcionamiento de las distintas baterías.
5. El fabricante definirá el número de colectores que pueden componer una batería y establecerá las limitaciones funcionales correspondientes. En el caso de colectores conectados en paralelo, garantizará que las diferencias de la temperatura de salida entre los colectores que forman parte de una misma batería serán inferiores al 10%, y para ello, que la diferencia de caudales entre colectores central y extremo debe ser también inferior al 10%.
6. Para garantizar el criterio anterior de equilibrado interno de caudales en cada batería se verificará que las pérdidas de carga en los circuitos de calentamiento del absorbedor conectados en paralelo sean iguales y equivalente, como mínimo, a un 30% de la pérdida de carga total de la batería.
7. Para el diseño de las baterías, se seleccionará el número de colectores y se establecerán las condiciones de funcionamiento dentro del rango permitido por el fabricante
8. Todas las baterías de un campo de colectores deberían tener el mismo número de colectores y conectados de la misma forma. En el caso de que no sea posible se arbitrarán las medidas necesarias para que las diferencias de la temperatura de salida y, por tanto las diferencias de caudales, entre baterías sean inferiores al 10%.

B) Grupos de baterías de colectores.

1. Las baterías de colectores se pueden conectar entre sí formando grupos.
2. Las baterías de un mismo grupo, podrán conectarse entre sí en serie y/o en paralelo.
3. Todos los grupos de un campo de colectores tendrán el mismo número de baterías y conectadas de la misma forma. En el caso de que no sea posible se arbitrarán las medidas necesarias para que las diferencias de la temperatura de salida y, por tanto, las diferencias de caudales entre grupos sean inferiores al 10%.
4. Para facilitar la verificación del equilibrado y realizar un adecuado control de funcionamiento se dispondrán las vainas para sondas necesarias para poder medir el salto de temperaturas en cada grupo
5. Todos los grupos que componen un campo de colectores se conectarán entre sí en paralelo de forma que permitan cumplir el plan de sectorización

C) Sectorización del campo de colectores.

1. La sectorización debe permitir independizar a cada grupo del funcionamiento de la instalación completa y, para ello, la conexión hidráulica de cada grupo puede disponer de 2 válvulas de corte, situadas a la entrada y salida del grupo, para interrumpir su conexión.
2. Deberán tenerse en cuenta las condiciones de presión y temperatura que pueden alcanzarse en un grupo aislado para definir las medidas que deben adoptarse. Como mínimo se instalará, en cada grupo, una válvula de seguridad tarada a la presión necesaria para proteger el circuito aislado y nunca inferior a la presión de tarado de la válvula de seguridad general del circuito para priorizar el funcionamiento de la válvula principal en caso de sobrepresión.
3. Adicionalmente se recomienda prever la posibilidad de realizar un eventual vaciado del grupo y para ello, se dispondrá la correspondiente válvula de vaciado protegida contra actuaciones indebidas.
4. Tanto los escapes de la válvula de seguridad como los drenajes de las válvulas de vaciado deberán estar conducidas para proteger la seguridad de las personas. La conducción de los desagües debería ser visible para poder comprobar la salida de fluido y en caso de evacuación a redes de la edificación deberá verificarse la resistencia de las mismas a la alta temperatura del fluido.
5. El nivel de sectorización de un campo de colectores se define como la proporción del número de colectores de cada grupo al número de colectores total y, naturalmente, es un factor inverso al tamaño del grupo.
6. En función del tamaño se pueden realizar las siguientes recomendaciones:

- Para instalaciones de tamaño inferior a 7 kW (10 m^2) se recomienda no disponer de ninguna sectorización y que el sistema de captación esté constituido por un único grupo.
- Para instalaciones de tamaño comprendido entre 7 y 70 kW (de 10 a 100 m^2) se recomiendan una sectorización desde el 100% hasta el 25 % (de 1 a 4 grupos) en proporción al tamaño del campo.
- Para instalaciones de tamaño superior a 70kW (100 m^2), se recomienda que el nivel de sectorización no sea inferior al 20% (5 grupos)

06.1.2 Diseño del circuito primario.

A) Potencia del sistema de captación.

1. En una instalación de energía solar la potencia térmica es variable y proporcional a la irradiancia solar y al rendimiento de la transformación
2. La potencia térmica del sistema de captación se calcula, con carácter general, como:

$$POT = \eta \cdot A \cdot G_{REF}$$

siendo
- POT potencia térmica en W
- η rendimiento del sistema de captación
- A área de apertura del sistema de captación en m^2
- G_{REF} Irradiancia solar de referencia (normalmente igual a 1000 W/m^2)

3. Se define la potencia térmica máxima $POT_{MÁX}$ la que corresponde a $\eta = \eta_o$ y G_{REF} =1000 W/m^2 y representa la máxima teórica que suministraría un sistema de captación sin pérdidas térmicas.
4. Se define la potencia térmica nominal POT_{NOM} como la potencia que corresponde a η = 0,7 y G_{REF} =1000 W/m^2. Este valor corresponde al que internacionalmente se ha definido como factor de transformación de instalaciones en m^2 a instalaciones en kW.
5. Se define la potencia térmica real POT a la que corresponde al rendimiento del colector η y al valor de G_{REF} teniendo en cuenta las condiciones reales de funcionamiento.
6. Para el dimensionado de los distintos componentes de la instalación solar se definen posteriormente las condiciones nominales o de diseño (potencia, caudales, temperaturas, etc.).

B) Potencias y saltos de temperaturas del circuito primario.

1. La potencia térmica POT suministrada por el sistema de captación se destinará a aumentar la temperatura (T_{S1} - T_{E1}) del fluido de trabajo que circula por el sistema de captación, siendo $\dot{m}_1$ el caudal másico en kg/(s·m^2) y c_{p1} el calor específico en J/(kg·K), según la expresión siguiente:

$$POT = \dot{m}_1 \ . \ c_{p1} \ . \ (T_{S1} - T_{E1})$$

2. La potencia térmica proporcionada por el sistema de captación variará desde 0 a la máxima $POT_{MÁX.}$ por lo que es importante señalar que en el funcionamiento del circuito primario el régimen de caudal o el salto de temperaturas siempre serán variables.
3. Desde el punto de vista de transferencia de calor en el circuito primario, las instalaciones se puede clasificar en instalaciones de caudal constante e instalaciones de caudal variable. A los efectos de estas ETUS, se consideran siempre circuitos de caudal constante.

C) Caudales de diseño del circuito primario.

1. La MT especificará el caudal de diseño del circuito primario que se determinará en función del caudal de diseño de cada batería, multiplicado por el número de baterías y dividiendo por el tipo de conexionado (1 paralelo, 2 serie simple de 2, 3 serie de 3, etc.) entre las baterías.
2. El caudal de diseño de las baterías se seleccionará de entre los valores de caudales recomendados por el fabricante para cada uno de los tamaños de batería.
3. Si para determinar el caudal de diseño de las baterías se utiliza la referencia de caudal específico por m^2 se multiplicará éste por el área del colector, por el número de colectores de la batería y se divide por el tipo de conexionado interno (1 paralelo, 2 serie simple de 2, 3 serie de 3, etc.) de los colectores dentro de la batería.
4. El caudal de diseño en cada tramo del circuito se obtiene sumando los caudales de las baterías alimentadas por dicho tramo.

06.2 SISTEMA DE ACUMULACIÓN

1. La MT especificará el volumen total del sistema de acumulación, la marca y modelo del acumulador seleccionado así como el número de ellos. El acumulador solar seleccionado cumplirá los requisitos del apartado 02.3.
2. La MT especificará su ubicación (exterior o interior) y su disposición (vertical u horizontal).
3. El diseño y cálculo de la estructura para apoyo y soporte del sistema de acumulación debe cumplir la reglamentación vigente y será realizado por técnico competente conforme a la legislación Uruguaya.
4. Desde el punto de vista del comportamiento térmico siempre se recomienda que el sistema de acumulación solar esté constituido por un único depósito, de configuración vertical y que esté situado en un espacio interior pero, por razones de fiabilidad de la instalación, por razones de espacios disponibles u otras, puede ser necesario o recomendable que la instalación solar disponga de más de un acumulador.

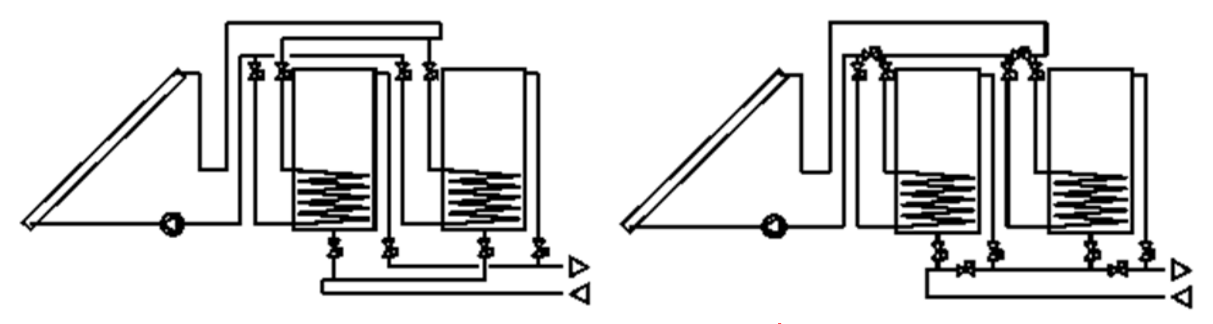


06.2.1 Dimensionado del volumen de acumulación

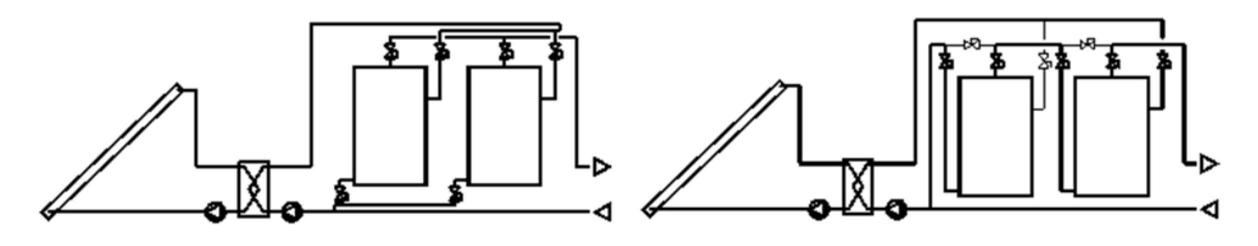
1. El volumen de acumulación se define en base a la optimización resultante de un análisis de sensibilidad de las diversas soluciones posibles alrededor de un volumen (VA en litros) determinado en función de la superficie de colectores (A_{COL} en metros cuadrados) por la expresión: $VA = 75 \cdot A_{COL}$ El análisis de sensibilidad se realizará comparando los diferentes costes del sistema completo con las prestaciones y rendimiento de la instalación.
2. El volumen de acumulación total no podrá ser inferior al valor determinado por $VA_{TOT} = 60 \cdot A_{COL}$
3. El rendimiento global de la instalación solar aumenta con el volumen de acumulación VA, pero para valores superiores a 100-120 litros/m2, el aumento del rendimiento es muy pequeño o incluso podría descender si las pérdidas térmicas del sistema de acumulación son elevadas.
4. En el cálculo de prestaciones de la instalación siempre deberían considerarse las pérdidas térmicas del sistema de acumulación.

06.2.2 Sistema de acumulación con varios acumuladores

1. Si la instalación dispone de varios acumuladores se recomienda que:
   - los acumuladores sean iguales,
   - se pueda realizar la desconexión individual sin interrumpir el funcionamiento de la instalación,
   - se conecten en serie si no existen otros condicionantes, y que
   - se adopten precauciones especiales para asegurar la circulación prevista.
2. Con el conexionado en serie el sistema de acumulación funciona como un único acumulador de volumen la suma de todos los volúmenes y altura la suma de alturas de cada uno de los acumuladores por lo que se mejora la estratificación.
3. En las instalaciones con intercambiador interno es factible la conexión en paralelo siempre que los circuitos primario y de consumo estén equilibrados, pero se recomienda la conexión en serie con los circuitos de calentamiento y de consumo en serie invertida:

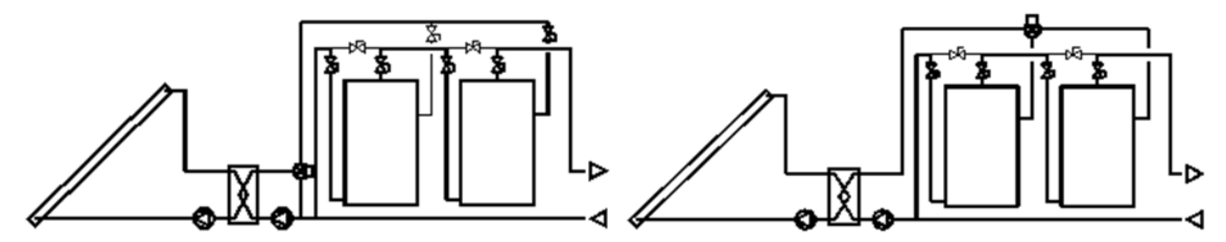


4. En el caso de que deban conectarse en paralelo se asegurará el equilibrado de los circuitos con la medida del caudal o de las temperaturas de salida.
5. Para la desconexión individual de cada uno de ellos sin interrumpir el funcionamiento de la instalación, todos los acumuladores deben disponer de válvulas de corte en la entrada y salida de cada uno de los circuitos que le conectan y si la conexión es en serie una válvula adicional para constituir un bypass.
6. De manera similar, en las instalaciones con intercambiador externo es factible la conexión en paralelo siempre que los circuitos primario y de consumo estén equilibrados, pero también se recomienda la conexión en serie con los circuitos de calentamiento y de consumo en serie invertida:





7. Para el conexionado de los acumuladores se pueden utilizar ramales que se utilizan en los dos circuitos o, preferentemente, la conexión directa en el cada acumulador.
8. La opción de conexión en serie de acumuladores con intercambiador externo requiere un estudio detallado del diseño de los circuitos y de las condiciones de funcionamiento para garantizar la máxima estratificación y evitar las mezclas y, en caso necesario, se utilizarán válvulas automáticas de dos o tres vías que garanticen el correcto funcionamiento:



06.3 SISTEMA DE INTERCAMBIO

1. La MT especificará el tipo, la marca y modelo del intercambiador seleccionado y la adecuación a las condiciones de diseño establecidas: potencia, caudales y temperaturas de entrada y salida en primario y secundario, efectividad y pérdida de carga.

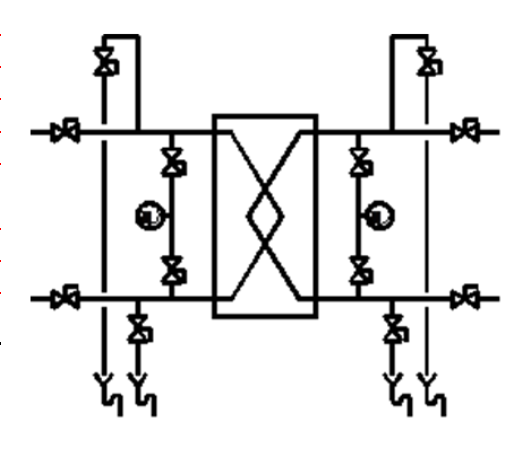
06.3.1 Intercambio independiente o externo

A) Diseño

1. La instalación del intercambiador independiente, para instalaciones de tamaño superior a 100 m^2, se complementará con:
- válvulas de corte en todas las bocas de los intercambiadores.
- elementos necesarios para su desmontaje y limpieza: válvulas de purga y de desagüe
- puentes manométricos en primario y secundario.
- termómetros en las cuatro conexiones
2. Para instalaciones de tamaño inferior a 100 m^2 las especificaciones anteriores deben considerarse recomendaciones.
3. El soporte y la ubicación del intercambiador deberían permitir el desmontaje de las placas cuando éstas sean desmontables.
4. Los intercambiadores deberían quedar térmicamente aislados.
5. Para evitar incrustaciones calcáreas se debería estudiar la dureza y el contenido en sales del agua de consumo y analizar la posible limitación de las temperaturas de funcionamiento de los intercambiadores.

B) Dimensionado

1. El dimensionado del intercambiador de calor externo quedará definido por, al menos, los siguientes parámetros de diseño: la potencia nominal, los caudales de diseño, los valores de las temperaturas de entrada y salida, la pérdida de carga de ambos circuitos y por la efectividad.
2. Serán iguales las capacidades caloríficas de los fluidos de los circuitos del lado del primario y del lado del secundario y los caudales no diferirán en más de un 10%. Por tanto, se supone que $\dot{m}_1 \cdot c_{p1} = \dot{m}_2 \cdot c_{p2}$; siendo $\dot{m}$ el caudal másico en kg/(s·m^2) y c_p el calor específico en J/(kg·K); y los subíndices 1 y 2 corresponden, respectivamente, a los circuitos primario y secundario.





3. En ese caso, la efectividad ε del intercambiador de calor se define como:

$$\varepsilon = \frac{Q_{real}}{Q_{máx}} = \frac{T_{s2} - T_{e2}}{T_{e1} - T_{e2}}$$

siendo:
T_{s2}: Temperatura a la salida del secundario del intercambiador (o del circuito de fluido frío).
T_{e2}: Temperatura a la entrada al del secundario del intercambiador.
T_{e1}: Temperatura a la entrada al primario del intercambiador (o del circuito de fluido caliente).

4. Para las condiciones de diseño, debe determinarse la efectividad del intercambiador que debe ser superior a 0,7.
5. La potencia de diseño del intercambiador solar POT_{IS} será superior al 75% de la potencia nominal del sistema de captación POT_{NOM}. Cumplirá la siguiente expresión, siendo A (en m^2) el área total de apertura del sistema de captación:

$$POT_{IS} \text{ (en W)} \geq 0{,}75 \cdot POT_{NOM} = 525 \cdot A$$

6. Las condiciones de diseño para el dimensionado de los intercambiadores solares se establecerán de forma que, con una temperatura de entrada del fluido del circuito del lado del primario no superior a 50ºC, la temperatura de salida del fluido del circuito del lado del secundario no será inferior a 45ºC.
7. La pérdida de carga de diseño en los intercambiadores de calor externos no será superior a 2 m.c.a. (20 kPa), tanto en el circuito del primario como del secundario.

06.3.2 Intercambiador incorporado en el acumulador solar

1. El dimensionado del intercambiador de calor incorporado al acumulador quedará definido por, al menos, los siguientes parámetros: la potencia nominal, el caudal de diseño, los valores de las temperaturas y la superficie útil de intercambio.
2. Se considera como superficie útil de intercambio la parte de la superficie del intercambiador situada en la mitad inferior del acumulador.
3. La relación entre el área útil de intercambio y el área de colectores no será inferior a 0,2.

06.4 CIRCUITO HIDRÁULICO

1. La MT incluirá la definición del caudal de diseño seleccionado, el dimensionado de tuberías y sus componentes y la especificación del aislamiento térmico.
2. La MT incluirá el plano a escala de la instalación que especificará la ubicación del local técnico y, dentro de éste, la distribución de acumuladores, intercambiadores, bombas, válvulas, vasos de expansión, sistema de apoyo y el trazado de tuberías de todos los circuitos de la instalación.
3. El plano a escala de la instalación tendrá el grado de definición necesario para efectuar los cálculos de dimensionado de los circuitos y especificará el material y las secciones de tuberías, y el caudal nominal que circula a través de ellas.
4. Los trazados de tuberías de todos los circuitos de la instalación se realizarán de forma que se garanticen los caudales de diseño en todos los componentes y se minimicen las pérdidas térmicas de la instalación completa. Debería concebirse en fase de diseño un circuito hidráulico de por sí equilibrado que no genere una pérdida de carga excesiva
5. En relación con el circuito primario, el trazado hidráulico garantizará una distribución equilibrada de los caudales por todos los grupos, baterías y colectores del campo y una minimización de las pérdidas térmicas.
6. El equilibrado hidráulico se alcanzará cuando las diferencias de temperatura y, por tanto, las diferencias de caudales entre colectores, baterías y grupos sean inferiores al 10%.

7. Para garantizar el criterio de equilibrado se verificará que las pérdidas de carga en los grupos de baterías, que estarán conectados en paralelo, sean iguales y equivalentes, como mínimo, a un 30% de la pérdida de carga total del circuito.
8. En la MT se especificará el número de circuitos en paralelo y el procedimiento de equilibrado; para obtener un circuito equilibrado se podrá utilizar:
- Ramal del circuito (de ida o de retorno) invertido, para obtener recorridos hidráulicos iguales por todos los lazos del campo;
- Válvulas de equilibrado u otras válvulas de control de caudal, en cada lazo para forzar y regular las pérdidas de carga necesarias
9. Para minimizar las pérdidas térmicas asociadas a la circulación del fluido en el circuito primario, el trazado hidráulico se realizará:
- ajustando los caudales de circulación que permite reducir las secciones de tuberías
- reduciendo la longitud total del trazado
- priorizando al trazado corto del tramo caliente
10. En general, el diseño del trazado hidráulico respetará los ejes principales de la edificación y del campo de colectores y se evitarán los trazados sinuosos.

06.4.1 Diseño y dimensionado de circuitos hidráulicos

1. Se realizará el diseño y dimensionado de cada uno de los circuitos que pueden formar parte de una instalación de energía solar térmica: primario, secundario y consumo.

A) Caudales

1. El caudal total y en cada uno de los ramales del circuito primario se determina según se estableció en el apartado 06.1.2.
2. El caudal total del circuito secundario se determina de acuerdo con lo establecido en las condiciones de diseño del intercambiador independiente establecidas en 06.3.1
3. El caudal del circuito de consumo será el calculado para abastecer la demanda de todos los puntos de consumo según establezca la normativa vigente.

B) Dimensionado de tuberías

1. Si no hay otras normas aplicables, para el caudal de diseño que circula por una tubería, el diámetro de la misma se seleccionará de manera que se cumplan las dos condiciones siguientes:
- La velocidad de circulación del fluido será inferior a 2 m/s cuando la tubería discurra por locales habitados e inferior a 3 m/s cuando el trazado sea al exterior o por locales no habitados.
- La pérdida de carga unitaria en tuberías nunca sea superior a 40 mm. de columna de agua (4 mbar) por metro lineal de tubería.

C) Pérdidas de carga de circuitos

1. Los circuitos hidráulicos de las instalaciones de energía solar pueden estar compuestos por más de un anillo de circulación cuando hay subsistemas (grupos de colectores o acumuladores) conectado en paralelo.
2. El diseño de cada circuito proporcionará esquemas hidráulicos equilibrados cuando resulten las mismas pérdidas de carga en cada uno de los ramales para los caudales de diseño previstos en cada uno de ellos.
3. Se calculará la pérdida de carga total por cada uno de los anillos que componen cada circuito. Se comprobará que las diferencias de pérdidas de carga relativas entre el más favorable y el menos favorable no superan el 5%. Si no fuera así, el equilibrado del circuito no se considerará adecuado y se debería rediseñar.
4. La pérdida de carga del anillo más desfavorable se utilizará posteriormente para el dimensionado de la bomba de circulación.

D) Tuberías

1. En la MT se especificará el caudal total de cada circuito, el material y el diámetro máximo de tuberías. Asimismo se indicarán los materiales y espesores de aislamiento así como la protección utilizada para el aislamiento al exterior y en el interior.
2. Los materiales de las tuberías de los diferentes circuitos se ajustarán a los requisitos del punto 02.6.
3. Se definirán adecuadamente los soportes de tuberías.
4. Se utilizarán los elementos necesarios para absorber las dilataciones de las tuberías.

06.4.2 Bombas de circulación

1. La MT especificará los caudales de diseño y las pérdidas de carga de todos los circuitos así como el tipo, modelo y características eléctricas de las bombas.
2. En instalaciones con potencia nominal de captación superior 70kW (100m^2) en las que no se prevea exista un servicio de mantenimiento de respuesta rápida con disponibilidad de bombas para sustitución inmediata, se deberán montar dos bombas idénticas en paralelo, una de reserva, en cada uno de los circuitos. Se preverá el funcionamiento alternativo de las mismas, de forma manual o automática.

A) Diseño

1. Siempre que sea posible, las bombas se situarán en las zonas más frías del circuito.
2. Se utilizarán válvulas antirretorno en la impulsión de las bombas cuando se monten bombas en paralelo. Cuando se utilice una única bomba por circuito la válvula antirretorno se podrá situar en cualquier lugar del mismo.
3. Se utilizarán válvulas de corte a la entrada y a la salida de cada bomba para permitir su mantenimiento.

B) Dimensionado

1. La bomba se seleccionará de forma que el caudal y la pérdida de carga de diseño se encuentren dentro de la zona de rendimiento óptimo especificada por el fabricante.
2. El caudal nominal será igual al caudal de diseño de cada circuito.
3. La presión de la bomba debería compensar la pérdida de carga total del circuito correspondiente.
4. La potencia eléctrica de las bombas no debería exceder los valores dados en la tabla siguiente:

Sistema pequeño (< 20 m^2)	50 W o 2% de la mayor potencia calorífica (potencia térmica nominal POT_{NOM}) que pueda suministrar el grupo de colectores (el mayor de los dos)
Sistemas grandes (≥ 20 m^2)	1 % de la mayor potencia calorífica (potencia térmica nominal POT_{NOM}) que puede suministrar el grupo de colectores

5. La limitación de la potencia eléctrica de las bombas indicadas anteriormente se refiere a la suma de las potencias de bombas asociadas al circuito primario y secundario para transferir el calor hasta el acumulador.
6. La limitación anterior no será de aplicación a las bombas asociadas a los circuitos de recirculación en los edificios multivivienda.

06.4.3 Valvulería

A) Válvulas de corte

1. Se utilizarán las válvulas de corte necesarias para poder realizar operaciones mantenimiento en los componentes más importantes sin necesidad de realizar el vaciado completo de la instalación y sin necesidad de que deje de funcionar. Para ello, se deberían haber dejado previstas las válvulas de corte para los circuitos de bypass necesarios para mantener la instalación en funcionamiento.
2. Se instalarán válvulas de corte:
- a la entrada y salida de cada sector o grupo del campo de colectores
- a la entradas y salidas de los acumuladores, intercambiadores y bombas.
- a la entrada y salida del circuito de consumo y distribución de agua fría y caliente.
- a la entrada y salida de la instalación solar para poder aislarla del sistema de apoyo
3. En función del tamaño de la instalación se modulará la utilización de válvulas de corte evitando las que no sean necesarias.
4. Siempre se dispondrá una válvula de corte en la acometida de agua fría a la instalación.

B) Válvulas de seguridad

1. Se instalará, como mínimo, una válvula de seguridad en cada uno de los circuitos cerrados de la instalación.
2. Adicionalmente, se instalará una válvula de seguridad en:
- cada uno de los sectores o grupos del campo de colectores.
- cada uno de los acumuladores
3. La instalación se realizará, preferentemente, en un ramal conectado a la parte más fría del circuito y próximo a los sistemas de expansión correspondiente.
4. La posición de las válvulas de seguridad y la conducción del escape debería garantizar que, en caso de descarga, no se provoquen accidentes o daños.

C) Válvulas de retención

1. Se instalará válvulas de retención en:
- la acometida de agua fría
- para evitar circulaciones naturales indeseadas
- en cada una de las bombas para la conmutación automática
- en el circuito de recirculación para evitar que funcione como circuito de distribución
2. Las válvulas de retención garantizarán un determinado nivel de hermeticidad para el máximo nivel de presión diferencial que se pueda establecer.

D) Válvulas de equilibrado

1. Se instalará válvulas de equilibrado para introducir pérdida de carga adicionales en determinados componentes o subsistemas con el fin de equilibrar ramales de circuitos en paralelo
2. También se utilizarán con válvulas de 3 vías en circuitos de caudal constante para mantener la misma pérdida de carga de los dos lazos del circuito.
3. Serán automáticas cuando así se establezca en proyecto.
4. Debería prestarse especial atención a las temperaturas máximas de las válvulas de equilibrado próximas a los colectores y que deben soportar la temperatura máxima correspondiente.

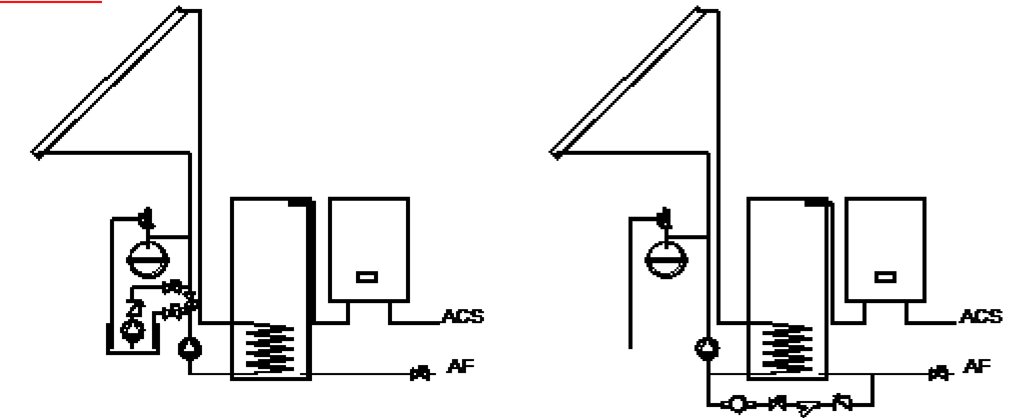
E) Válvulas de vaciado

1. Se instalarán válvulas de drenaje que permitan el vaciado total y parcial de la instalación con los mismos criterios que se parcializa o zonifica la instalación según se establece en el apartado A) con el uso de las válvulas de corte.
2. Las válvulas de vaciado estarán conducidas, de forma visible, hasta la red de drenaje de la edificación.
3. Las tuberías de drenaje dispondrán de las pendientes necesarias para que no puede retener líquido en todo su recorrido.



06.4.4 Sistema de llenado

1. Los circuitos cerrados deben incorporar un sistema de llenado, manual o automático, que permita llenar el circuito y presurizarlo.
2. Cuando los circuitos requieran anticongelante deberán disponer de un sistema de llenado que permita preparar la mezcla para, posteriormente, introducirla en el circuito de forma manual o automática.



06.4.5 Purga de aire

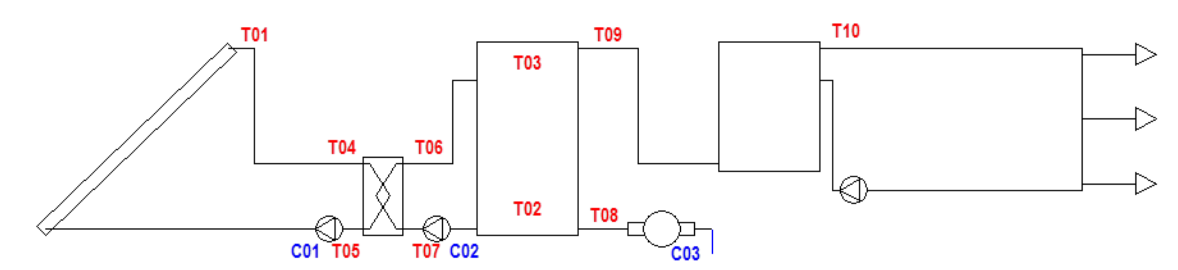
1. Para evitar los problemas de aire en los circuitos es necesario evitar su entrada y facilitar su evacuación.
2. El aire en el interior de los circuitos puede proceder: del existente anterior al llenado con líquido, del que puede entrar por cualquier elemento que se encuentre en depresión con respecto a la presión atmosférica y del que viene disuelto en el agua o fluido.
3. El aire existente anterior al llenado con líquido solamente se extraerá si la instalación esté correctamente realizada y el procedimiento de llenado está expresamente definido para ello.
4. Cuando entra aire por cualquier elemento que queda en depresión con respecto a la presión atmosférica suele ocurrir por algún fallo de la instalación (vaso de expansión, sistema de llenado, válvula de seguridad, etc.) que debe subsanarse.
5. El aire que viene disuelto en el agua o fluido de alimentación puede desprenderse a medida que aumenta la temperatura pero no es significativo en relación con los dos anteriores sobre todo si no hay reposición de nuevo fluido.
6. Para facilitar la expulsión del aire es importante que en los circuitos haya la menor cantidad posible de sifones invertidos y que los trazados permitan la mejor evacuación del aire.
7. El sifón invertido es un trazado hidráulico que exige una circulación descendente del fluido y si éste no tiene velocidad suficiente puede no arrastrar el aire. Los sifones más característicos de las instalaciones solares son los puntos altos de la salida de las baterías de colectores.
8. A los efectos de mantenimiento interesa reducir el número de sifones invertidos.
9. Habrá que cuidar los trazados horizontales de tubería para que tengan una pendiente mínima del 1% en el sentido que permita la evacuación del aire.
10. Cuando exista un sifón invertido se colocará un sistema de purga de aire en el punto más desfavorable y estará constituido por un botellín de desaire con una válvula de corte con el escape conducido que sirve como purgador manual.
11. El botellín de desaire está constituido por accesorios y tubería configurados de forma que puedan retener y acumular aire; debe disponer de un volumen mínimo de unos 10 cm^3
12. Eventualmente, para los botellines de desaire se pueden instalar purgadores automáticos que siempre se instalarán con una válvula de esfera que permita cortar su conexión con los circuitos para evitar problemas si se produce la vaporización del fluido de trabajo.
13. Los acumuladores de tamaño superior a unos 1.000 litros deberían disponer de un sistema de purga manual en la zona más alta.
14. En determinadas instalaciones es recomendable la instalación de un desaireador general intercalado en el circuito para la evacuación centralizada del aire.



06.5 SISTEMAS DE MEDIDA

06.5.1 Generalidades

1. En función del tamaño y características de la instalación, se deben prever los dispositivos necesarios para tomar medidas de presiones, temperaturas, de caudales y de energía que permitan controlar el correcto funcionamiento de la misma.
2. Para la configuración más compleja los tipos de sensores y su localización deben ser:



Sensores de presión:

- P01 presión del primario
- P02 presión del secundario

Sensores de temperatura:

- T01: Temperatura de salida de colectores
- T02: Temperatura zona inferior de la acumulación solar
- T03: Temperatura zona superior de la acumulación solar
- T04: Temperatura de entrada primario intercambiador
- T05: Temperatura de salida primario intercambiado
- T06: Temperatura de entrada secundario intercambiador
- T07: Temperatura de salida secundario intercambiador
- T08: Temperatura agua de red
- T09: Temperatura de aporte solar
- T10: Temperatura de salida a consumo
- T11: Temperatura de retorno del sistema de recirculación
- T12: Temperatura ambiente exterior

Otros sensores

- C01: Caudal de primario
- C02: Caudal de secundario
- C03: Caudal de consumo
- RAD: Radiación solar global

3. Para la medida de presión, se instalarán manómetros o sensores de presión en el primario (en un lugar próximo al sistema de llenado del circuito primario o asociado al sistema de expansión y la válvula de seguridad) y en el secundario (en el sistema de acumulación)
4. Para medida de temperaturas se deberán disponer sensores o termómetros en:
   - la salida y entrada del campo de colectores. Si los circuitos no son muy largos, la medida de la entrada puede ser la de salida del primario del intercambiador de calor.
   - la parte inferior y superior de los acumuladores, para disponer de una medida de la estratificación de temperaturas y la carga real de energía del sistema. Cuando existan varios acumuladores, cada uno de ellos debería disponer de los mismos elementos de medida.
   - las entradas y salidas de todos los circuitos de los intercambiadores.
   - la entrada de agua fría del circuito de consumo, en la salida de agua caliente del sistema de acumulación solar, en la salida de agua caliente del sistema de apoyo y en el circuito de retorno de recirculación
5. Para la medida de caudal se instalarán:
   - Un caudalímetro, rotámetro o válvulas de equilibrado con medida de caudal para los circuitos primario y secundario.
   - Un contador de agua en la entrada de agua fría para la medida del caudal de consumo.



6. Cuando sean necesarios contadores de agua en el circuito de consumo, formarán parte de un contador de energía térmica que disponga de las dos sondas situadas en la entrada de agua fría y en la salida de agua caliente del sistema de acumulación. Alternativamente se podrán utilizar los sensores independientes indicados para medida de la energía térmica (C03, T08 y T09) si se dispone un módulo integrador en un sistema de monitorización.
7. La medida de la radiación solar global se podrá realizar con piranómetros o con células fotovoltaicas calibradas.
8. En algunas ocasiones se pueden utilizar otras medidas complementarias, especialmente útiles para el control de funcionamiento y para los programas de mantenimiento, como pueden ser:
   - medidas de temperaturas en todos los grupos del campo de colectores, se pueden disponer sensores de temperatura en las salidas de cada grupo o, al menos, se deberían prever vainas de inmersión en cada una de ellas para puntualmente realizar las medidas necesarias.
   - medida de presión diferencial entre la aspiración e impulsión de bombas o entre la entrada y salida de los circuitos del intercambiador
9. Los sensores podrán se electromecánicos, analógicos, digitales o combinaciones de ellos.
10. A los efectos de los sistemas de medida que debe instalarse, se consideran cuatro configuraciones de instalaciones de las siguientes características:

	C1	C2	C3	C4
Bombas	Dobles	Simples o dobles		Simples
Intercambio	Externo (de placas)		Interno (incorporado)	
Área captación (m^2)	$A \geq 200$	$200 > A \geq 20$		$A < 20$

11. Para cada una de las configuraciones, se establece el equipamiento mínimo de sensores y se instalarán los siguientes sensores obligatorios "x" siguientes:

	C1	C2	C3	C4
P01	x	x	x	x
P02	x	(x)	(x)	
T01	x	x	x	x
T02	x	x	x	x
T03	x	x	x	x
T04	x	x	(x)	
T05	x	x	(x)	
T06	x	(x)		
T07	x	(x)		
T08	x	x	x	(x)
T09	x	x	x	(x)
T10	x	x	x	
T11	x			
T12	x			
C01	(x)	(x)	(x)	(x)
C02	(x)	(x)	-	-
C03	x	x	x	(x)
RAD	x	(x)	(x)	

12. La incorporación de los sensores recomendables "(x)" deberán analizarse en cada caso particular.
13. La medida de la radiación solar global RAD y la temperatura ambiente T12, deben estar integradas con un sistema de monitorización que, al menos, permita determinar valores de rendimiento globales de la instalación solar.



06.5.2 Sistemas de monitorización

1. La utilización de sistemas de monitorización en las instalaciones solares permite, además de visualizar todas las variables medidas, su uso para señales de alarma y control así como su registro y evaluación para un adecuado seguimiento de las mismas.
2. Además de todas las variables anteriormente establecidas, se recomienda medir y registrar:
- Consumo de energía eléctrica
- Consumo de energía en los sistemas de apoyo
- Estado de posicionamiento de las válvulas de 3 vías
- Estado de funcionamiento de las bombas
3. En cada caso se deben definir las características de los sensores y las prestaciones técnicas que deben ofrecer los sistemas de adquisición, registro y transmisión de datos.

A) Medida de temperatura

1. Las temperaturas se medirán mediante termopares, termómetros de resistencia o termistores.
2. La diferencia de temperatura del fluido de trabajo se realizarán mediante termopilas, termómetros de resistencia (conectados en dos brazos de un circuito en puente) o termopares emparejados, de forma que la señal de salida sea única en todos los casos.
3. Las sondas de temperatura deben ser, preferentemente, de inmersión y deben estar bañadas por el fluido cuya temperatura se pretende medir. En el caso de emplear sondas de contacto, éstas deberían estar en contacto con el tubo mediante una pasta térmicamente conductora, fuertemente sujetas y perfectamente aisladas.

B) Medida de caudal

1. La medida de caudales de líquidos se realizará mediante turbinas, medidores de flujo magnético, medidores de flujo de desplazamiento positivo o procedimientos gravimétricos, de forma que la exactitud sea igual o superior a ± 3% en todos los casos.
2. Los contadores de caudal de agua estarán constituidos por un cuerpo resistente a la acción del agua conteniendo la cámara de medida, un elemento con movimiento proporcional al caudal de agua que fluye y un mecanismo de relojería para transmitir este movimiento a las esferas de lectura por medio de un acoplamiento magnético. La esfera de lectura, herméticamente sellada, será de alta resolución.
3. Se suministrarán los siguientes datos, que deben ser facilitados por el fabricante:
   - Calibre del contador.
   - Temperatura y presión máxima de trabajo.
   - Caudales (en servicio continuo, máximo, mínimo y de arranque)
   - Indicación mínima de la esfera.
   - Capacidad máxima de totalización.
   - Dimensiones.
   - Diámetro y tipo de las conexiones.
   - Pérdida de carga en función del caudal.

C) Medida de energía térmica.

2. Los contadores de energía térmica estarán constituidos por los siguientes elementos:
   - Contador de agua, descrito anteriormente.
   - Dos sondas de temperatura.
   - Microprocesador electrónico, montado en la parte superior del contador o separado.
3. La posición del contador y de las sondas define la energía térmica que se medirá.
4. El microprocesador podrá estar alimentado por la red eléctrica o mediante pilas con una duración de servicio mínima de 3 años.
5. El microprocesador multiplicará la diferencia de ambas temperatura por el caudal instantáneo de agua y su peso específico. La integración en el tiempo de estas cantidades proporcionará la cantidad de energía.



06.6 AISLAMIENTO TÉRMICO

1. En la MT se especificarán los tipos, espesores y acabado de los aislamientos
2. Todas las tuberías, accesorios y componentes de la instalación, que contengan fluidos a temperatura superior a 40ºC, se aislarán para disminuir las pérdidas térmicas en la instalación.
3. El aislamiento no dejará zonas visibles de tuberías o accesorios, quedando únicamente al exterior los elementos que sean necesarios para el buen funcionamiento y operación de los componentes. Todos los accesorios del circuito hidráulico, como válvulas, filtros, etc., deberán quedar aislados con los mismos espesores de aislamiento que los de la tubería en que estén instalados.
4. Se adoptarán las precauciones necesarias para evitar los puentes térmicos en todos los elementos que soportan la tubería.
5. No se aislarán los vasos de expansión ni el ramal de conexión entre el vaso de expansión y la línea principal del circuito.
6. Se aislarán todos los intercambiadores independientes salvo que existan especificaciones en contra por problemas de incrustaciones calcáreas o cuando el fabricante lo haya incorporado a un subsistema de la instalación.
7. El material aislante situado a la intemperie deberá protegerse adecuadamente frente a los agentes atmosféricos de forma que se evite su deterioro. Podrán utilizarse cubiertas o revestimientos protegidos con pinturas asfálticas, poliésteres reforzados con fibra de vidrio, chapa de aluminio o de acero inoxidable. Al exterior no podrán usarse forros de telas plásticas como protección del material aislante.
8. El cálculo de los niveles de aislamiento térmico se realizará de forma que las pérdidas térmicas globales por el conjunto de conducciones no superen el 5 % de la potencia que transporta.
9. Para el cálculo del espesor de aislamiento se podrá optar por el procedimiento simplificado, cumpliendo los requisitos del apartado 06.6.1 y no hay que justificar el cálculo de pérdidas térmicas, o por el procedimiento alternativo conforme al apartado 06.6.2 que requiere el cálculo de las pérdidas térmicas y el cumplimiento del punto 8 anterior.

06.6.1 Procedimiento simplificado

1. Los espesores mínimos de aislamiento térmicos, expresados en mm, en función del diámetro exterior D de la tubería sin aislar y para un material con conductividad térmica de referencia a 10°C de 0,040 W/(m·K) deben ser los siguientes:
   - Para D < 35 mm. el espesor mínimo será 12 mm al interior y 18 mm al exterior.
   - Para D ≥ 35 mm. el espesor mínimo será 18 mm al interior y 24 mm al exterior.
2. Los espesores mínimos de aislamiento de acumuladores, para un material con conductividad térmica de referencia a 10°C de 0,040 W/(m·K), no serán inferiores a 50 mm. Adicionalmente, deberá cumplir los requisitos de pérdidas térmicas de la norma UNIT 1195.
3. Los espesores mínimos de aislamiento de las redes de tuberías que tengan un funcionamiento continuo, como redes de distribución y recirculación de agua caliente sanitaria, deben ser los indicados en los dos puntos anteriores aumentados en 6 mm.
4. El espesor mínimo de aislamiento de las tuberías de diámetro exterior menor o igual que 20 mm y de longitud menor que 5 m, contada a partir de la conexión a la red general de tuberías hasta la unidad terminal, y que estén empotradas en tabiques y suelos o instaladas en canaletas interiores, será de 6 mm, evitando, en cualquier caso, la formación de condensaciones.
5. Cuando se utilicen materiales de conductividad térmica distinta a λ_{ref} = 0,04 W/(m·K) a 10°C, se considera válida la determinación del espesor mínimo aplicando las siguientes ecuaciones:

   - para superficies planas: $d = d_{ref} \frac{\lambda}{\lambda_{ref}}$
   - para superficies de sección circular: $d = \frac{D}{2}\left[EXP\left(\frac{\lambda}{\lambda_{ref}} \bullet \ln \frac{D + 2 \bullet d_{ref}}{D}\right) - 1\right]$

donde:
λ_{ref} : conductividad térmica de referencia, igual a 0,04 W/(m·K) a 10°C
λ : conductividad térmica del material empleado, en W/(m·K)
d_{ref} : espesor mínimo de referencia, en mm
d : espesor mínimo del material empleado, en mm

D : diámetro interior del material aislante, coincidente con el diámetro exterior de la tubería, en mm
ln : logaritmo neperiano (base 2,7183…)
EXP : significa el número neperiano elevado a la expresión entre paréntesis

06.6.2 Procedimiento alternativo

1. El método de cálculo elegido para justificar el cumplimiento de esta opción tendrá en consideración los siguientes factores:
   - El diámetro exterior de la tubería.
   - La temperatura del fluido considerada
   - Las condiciones del ambiente donde está instalada la tubería, como temperatura seca mínima y la velocidad media del aire.
   - La conductividad térmica del material aislante que se pretende emplear a la temperatura media de funcionamiento del fluido.
   - El coeficiente superficial exterior, convectivo y radiante, de transmisión de calor, considerando la emitancia del acabado y la velocidad media del aire.
   - La situación de las superficies, vertical u horizontal.
   - la resistencia térmica del material de la tubería.
2. El método de cálculo se podrá formalizar a través de un programa informático de uso generalizado y respaldado por entidades de reconocido prestigio.
3. El estudio justificará documentalmente el espesor seleccionado del material aislante elegido, las pérdidas térmicas y la temperatura superficial para los distintos tramos de tuberías y las pérdidas totales del circuito.

06.7 SISTEMA ELÉCTRICO Y DE CONTROL

1. La MT especificará la estrategia de control utilizada, la marca y el tipo de control utilizado y la posición de las sondas. Se adjuntará a la MT un esquema eléctrico del sistema.
2. El sistema eléctrico siempre permitirá la actuación manual del funcionamiento y la desconexión de la alimentación eléctrica a los equipos.
3. El sistema de control se encarga de gobernar el correcto funcionamiento de todos los circuitos y podrá utilizarse, adicionalmente, como sistema de protección y seguridad.
4. La estrategia de control define los objetivos energéticos de funcionamiento; se puede maximizar la energía solar aportada, minimizar el consumo de energía de apoyo u otras opciones que intervienen en el sistema solar térmico y en el sistema de energía auxiliar.
5. El tipo de control define las formas seleccionadas para realizar la función principal de calentamiento según 06.7.1 y para realizar las funciones de protección según 06.7.2.
6. El sistema de control cumplirá con la normativa eléctrica vigente en todos aquellos puntos que sean de aplicación.
7. El rango de temperatura ambiente de funcionamiento del sistema de control será como mínimo entre -10 y 50ºC.
8. El tiempo mínimo de fallos especificado por el fabricante del sistema de control no será inferior a 7.000 horas.

06.7.1 Función principal del sistema de control

1. En el circuito primario el control de funcionamiento normal de las bombas será de tipo diferencial, actuando en función del salto de temperatura entre la salida de la batería de colectores y el acumulador solar.
2. Opcionalmente se podrán utilizar sistemas de control por célula crepuscular o diferencial en función del salto de temperatura entre la salida y entrada del sistema de captación cuyo funcionamiento garantice las mejores prestaciones de la instalación.
3. En el circuito secundario el funcionamiento normal de las bombas será simultáneo al del circuito primario; excepcionalmente, y aplicable cuando los circuitos primarios son de una gran longitud, se podrá utilizar un control de tipo diferencial en función del salto de temperaturas entre la entrada al intercambiador por el lado del circuito primario y el acumulador solar.
4. El sensor de temperatura que detecta la temperatura de salida de los colectores se colocará en la parte interna y superior de estos en contacto con el absorbedor o utilizando una vaina de

inmersión justo a la salida de la batería de colectores y de forma que detecte adecuadamente su temperatura.

5. El sensor de temperatura del acumulador se situará en la parte inferior en una zona influenciada por la circulación del circuito de calentamiento, a una altura comprendida entre el 10% y el 30% de la altura total del acumulador. En el caso particular de usar un intercambiador de tipo serpentín, se recomienda que se localice en la parte media del intercambiador. Siempre que sea posible la referencia de temperatura es preferible tomarla en el interior de los acumuladores antes que en las tuberías de conexión.
6. Cuando el control de funcionamiento de las bombas sea diferencial, la precisión del sistema de control y la regulación de los puntos de consigna asegurará que las bombas estarán paradas con diferencias de temperaturas menores de 2ºC y en marcha con diferencias superiores a 7ºC. no obstante, se recomienda estudiar cada caso tomando en consideración la diferencia media logarítmica de las temperaturas de intercambio.
7. La diferencia de temperaturas entre el punto de arranque y parada del control diferencial de temperaturas no será inferior a 2ºC.
8. El sistema de control incluirá señalizaciones visibles de la alimentación del sistema y del funcionamiento de bombas.

06.7.2 Funciones de protección

A)Función limitación temperatura máxima del acumulador

1. Para limitar la temperatura máxima del acumulador se utilizará un sensor de temperaturas, preferentemente situado en la parte alta del mismo que actuará anulando el aporte de energía al mismo. La actuación podrá hacerse:
   - En sistemas con intercambiador interno, parando la bomba del circuito primario o actuando sobre una válvula de 3 vías que interrumpa la circulación por el intercambiador.
   - En sistemas con intercambiador externo, parando la bomba del circuito secundario o interrumpiendo la circulación en el primario del intercambiador o por el acumulador con una válvula de 3 vías.
2. El funcionamiento o no de la bomba de circulación del primario estará condicionada por el interés de disponer de circulación para la evacuación de calor del circuito.
3. Cuando se utilice un sensor de temperatura que no esté situado en la parte superior del acumulador deberá regularse la actuación con un margen adicional para tener en cuenta que la estratificación puede producir temperaturas más altas de las registradas por el sensor.
4. Deberá tenerse en cuenta que la limitación de temperatura del acumulador siempre supone una reducción de las prestaciones de la instalación solar por lo que se procurará que la temperatura de consigna sea lo más elevada posible para que su actuación sea el menor posible.

B)Función temperatura máxima del circuito primario

1. La limitación de temperatura del circuito primario se realiza para evacuar el calor que se genere en los colectores y para ello, con la señal del sensor de temperatura de colectores, se puede actuar sobre una válvula de tres vías que hará circular el fluido por el dispositivo disipador que deberá ponerse en funcionamiento simultáneamente.
2. Es importante señalar que esta función será subordinada a la de protección del acumulador y por tanto su actuación nunca podrá producir mayor calentamiento en el mismo.

C)Función temperatura mínima de colectores

1. Cuando la protección contra heladas se realice mediante circulación del circuito primario se utilizará la señal de un sensor de temperaturas situado en los colectores que actuará sobre la bomba del circuito primario para mantener la circulación en el mismo.
2. En una instalación con intercambiador externo se recomienda conectar también la bomba del circuito secundario para garantizar que no existan problemas de congelamiento, sobre todo, cuando el circuito primario tenga poca inercia.



07. CALCULO

1. El cálculo tiene por objeto predecir y conocer el comportamiento térmico de una determinada instalación solar ubicada en un determinado lugar y atendiendo una determinada utilización.
2. La instalación, el lugar y la utilización quedan definidos, respectivamente, por un conjunto de parámetros funcionales, climáticos y de uso.
3. El método de cálculo desarrollado en este capítulo permite verificar el cumplimiento de la exigencia básica de alcanzar, con energía solar térmica, un determinado nivel de contribución a la demanda de energía para calentamiento de agua

07.1 PARÁMETROS DE DEMANDA O DE USO

1. Para que los datos de partida que se utilicen sean siempre los mismos se establece este único procedimiento para su estimación.
2. La utilización de valores de consumo, número de plazas y/o nivel de ocupación diferentes a los indicados deberá quedar justificada por el proyectista.
3. No obstante, el proyectista que disponga de otros datos y criterios puede definir otros valores que considere oportunos pero los utilizará para cálculos alternativos de prestaciones al cálculo establecido en este capítulo para la justificación del cumplimiento de la exigencia básica.
4. La comparación de demandas y prestaciones de las soluciones técnicas diferentes se realizará siempre sobre la base de los parámetros de demanda establecidos en este apartado.

07.1.1 Consumo de agua caliente

1. La estimación del consumo de agua caliente se realiza utilizando valores medios diarios de referencia que atienden al tipo de edificación: viviendas, hospitales, residencias, etc.
2. La segunda columna de tabla siguiente proporciona los valores correspondientes a los consumos unitarios de agua caliente sanitaria a una temperatura de referencia de 45ºC:

Tipo de edificación	Consumo unitario (litros/persona.día)	Número de Personas (p)	Ocupación (estacionalidad)
Viviendas/Apartamentos	40	1,5p/dormitorio	E1
Hospitales y clínicas	80	1p/plaza	E1
Ambulatorio y centro de salud	60	1p/plaza pl/m2	E1
Hotel *****	100	1p/plaza	E2-E3
Hotel ****	80	1p/plaza	E2-E3
Hotel ***/Apartahotel	60	1p/plaza	E2-E3
Hotel/Hostal **/Apartahotel	50	1p/plaza	E2-E3
Hostal/Pensión*/Apartahotel	40	1p/plaza	E2-E3
Camping/campamentos	30	1p/plaza	E2-E3
Residencia (ancianos, estudiantes, etc.)	60	1p/plaza	E1
Centro penitenciario	40	1p/plaza	E1
Albergue	35	1p/plaza pl/m2	E1-E2-E3
Vestuarios/Duchas colectivas	30	3p/plaza	E1-E2-E3
Escuela sin duchas	6	0,5p/plaza	E1
Escuela con duchas	30	0,2p/plaza	E1
Cuarteles	40	1p/plaza pl/m2	E1
Fábricas y talleres	30	1p/plaza pl/m2	E1
Oficinas	3	0,5p/plaza	E1
Gimnasios	30	1p/plaza pl/m2	E1
Restaurantes	12	2p/plaza pl/m2	E1
Cafeterías	2	3p/plaza pl/m2	E1

3. Dichos consumos unitarios están referidos al número de personas que diariamente utilizan el servicio de agua caliente sanitaria.



4. El número de personas totales que pueden utilizar las instalaciones de agua caliente de una edificación se obtendrá según las indicaciones del correspondiente "programa funcional" (establece los datos básicos de diseño, ocupación y uso) que debe hacer referencia al número de personas utilizadas para proyectar la edificación. En el caso que no se disponga de dicha información de utilizarán los datos de la tercera columna de la tabla anterior en función del número de plazas y/o de la superficie útil del edificio.
5. Las referencias E1, E2 y E3 de la cuarta columna corresponden a la estacionalidad o variación estacional de la ocupación de la edificación a lo largo del año que se definen en el apartado 07.1.1.3

07.1.1.1 EDIFICIOS DE VIVIENDAS

1. En viviendas el consumo total diario medio de agua caliente sanitaria se obtiene multiplicando el consumo unitario de la tabla anterior por el número de personas totales que ocupan la vivienda. En caso de que el programa funcional no lo concretase, como mínimo se considerarán 1,5 personas por cada dormitorio que se indique en el proyecto de la vivienda.
2. En edificios de viviendas que dispongan de instalaciones solares térmicas centralizadas, el cálculo del consumo total de agua caliente sanitaria considerará un factor de centralización (FC) que depende del número de viviendas (N) alimentados por la misma instalación solar.
3. El consumo total diario medio de agua caliente sanitaria de la edificación, calculado según el procedimiento indicado anteriormente, se multiplicará por el factor de centralización FC según los valores de la siguiente tabla en función del número de viviendas N:

N	**N ≤ 3**	**4 ≤ N ≤ 10**	**11≤ N ≤ 20**	**21 ≤ N ≤ 50**	**51 ≤ N ≤ 75**	**76 ≤ N ≤ 100**	**N ≥ 101**
FC	**1**	**0.95**	**0.90**	**0.85**	**0.80**	**0.75**	**0.70**

4. Para una misma edificación, por tanto, el consumo de diseño será distinto si la instalación solar es individual, que si es centralizada por portales o si es centralizada para todo el conjunto.
5. Dentro del apartado viviendas se incluyen también los apartamentos de uso privado pero no los apartamentos en régimen de hotel que se equiparan a establecimientos hoteleros.
6. Sólo se considerarán apartamentos turísticos, y podrán tener ocupación distinta e inferior al 100%, los definidos y recogidos como tales en la reglamentación turística.

07.1.1.2 RESTO DE EDIFICIOS (No viviendas)

1. En los demás casos, el consumo total diario medio de agua caliente sanitaria se obtiene a partir del consumo unitario, del número máximo de personas y los porcentaje de ocupación indicados en el programa funcional, que podrá variar mes a mes, multiplicando el consumo unitario por el número de unidades de consumo.
2. Si el programa funcional no establece el número de personas máximo que se deben considerar, se adoptará el criterio de número de camas, plazas, puestos, etc. recogido en la tabla.
3. Los consumos unitarios referidos incluyen todos los usos que se prestan desde una misma instalación centralizada siempre que haya un consumo principal y otros secundarios y la suma de éstos sea inferior al 20% del consumo principal.
4. Cuando la suma de los consumos secundarios sea superior al 20 % del principal, se deberá considerar como consumo total la suma de los consumos de los servicios que se presten.
5. El servicio de restaurante y cafetería debe entenderse exclusivamente aplicable al uso de cocina y servicios auxiliares.
6. Cuando no esté definido el número de personas que deban considerarse para estimar el consumo, el proyectista lo decidirá justificando el criterio utilizado que se debe referir al uso de la infraestructura proyectada y no a la infraestructura en sí.

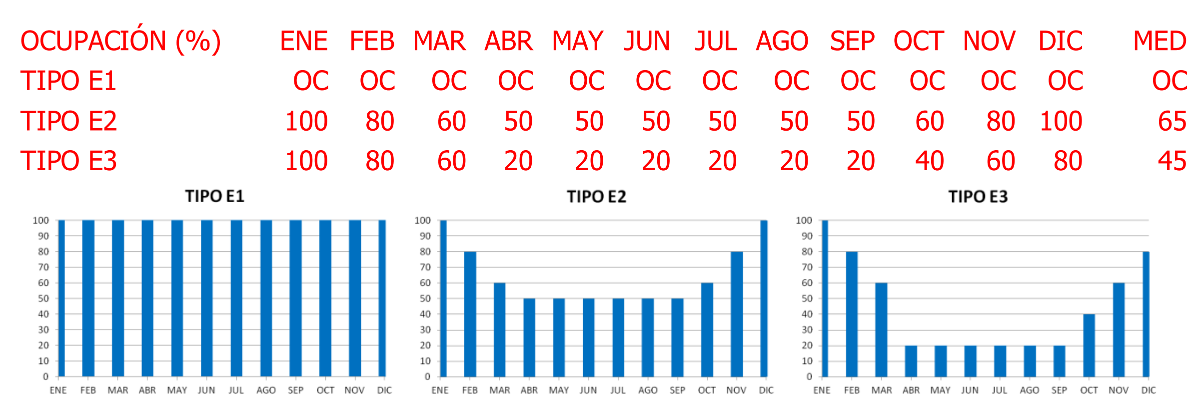
07.1.1.3 CRITERIOS PARA DEFINIR EL PORCENTAJE DE OCUPACIÓN

1. Se establecen tres tipos de ocupación E1, E2 y E3 asociados a la estacionalidad del uso y definidos por los porcentajes medios mensuales que se deben utilizar en los cálculos. Deben entenderse como porcentaje de personas que utilizan un servicio sobre número máximo.



2. El tipo E1 se refiere a la ocupación constante (OC) a lo largo del año lo que proporcionará un consumo constante a lo largo del año. Se considerará:
- Aplicado a viviendas, hospitales, etc. se considerará, sin excepciones, igual al 100%.
- Para edificaciones del sector turístico de Montevideo se considerará igual al 65%.
- Otras ocupaciones a definir con los criterios que justifique el proyectista.
- En edificaciones, tipo escuela o similar, que puedan quedar hasta 3 meses no operativos, no se considerará ninguna reducción y para el cálculo se utilizará una ocupación del 100% todo el año.
3. El tipo E2 corresponde a valores con una variación estacional verano/invierno en la proporción 2/1 y una ocupación media anual del 65%. Será aplicable a cualquier tipo de actividad turística o termal en Colonia, Paysandú y Salto.
4. El tipo E3 corresponde a valores con una variación estacional verano/invierno en la proporción de 5/1 y una ocupación media anual del 45%. Será aplicable a cualquier tipo de actividad turística de playa en la zona costera de Canelones, Maldonado y Rocha.
5. Las referencias al sector turístico incluyen cualquier clase de edificación o actividad relacionada: hotel, apartotel, hostería, albergue, camping, etc.
6. Para los distintos tipos de ocupación se adoptarán los valores que se indican a continuación:

OCUPACIÓN (%)	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MED
TIPO E1	OC	OC	OC	OC	OC	OC	OC	OC	OC	OC	OC	OC	OC
TIPO E2	100	80	60	50	50	50	50	50	50	60	80	100	65
TIPO E3	100	80	60	20	20	20	20	20	20	40	60	80	45



7. En otras edificaciones no incluidas en los apartados o localizaciones anteriores, se utilizarán y justificarán otros valores que consideren adecuados.
8. En instalaciones que sólo tienen consumo durante los días laborables de la semana como, por ejemplo, escuelas, edificios comerciales o industrias que cierran los fines de semana se podrá realizar el cálculo del consumo con un valor medio diario equivalente al 5/7 del establecido.
9. En algunos casos es importante considerar que tanto los valores medios como la estacionalidad del consumo puede evolucionar, aumentando con el tiempo. La elaboración del proyecto lo analizará realizándose las previsiones de ampliación que el proyectista considere.

07.1.1.4 EDIFICIOS EXISTENTES

1. En el caso de edificios e instalaciones existentes, el proceso sería el mismo anteriormente referido, pero los valores obtenidos se deberían contrastar con otros datos que puedan ser conocidos:
   - el consumo de agua caliente: si este dato es conocido, y no se prevé que haya modificaciones de uso, debería utilizarse el valor medio anual para el cálculo.
   - el consumo de agua fría: si se conoce este dato, el consumo de agua caliente debería ser un porcentaje (del orden del 30% para viviendas)
   - el gasto de energía para agua caliente: si se conoce este dato, contrastarlo con el gasto que resulta de la estimación de consumo multiplicando la demanda de energía por el coste de la energía térmica producida por el sistema convencional que tenga en cuenta el rendimiento medio estacional de la instalación.
   - el tamaño de la instalación convencional existente: normalmente el consumo estará comprendido entre 1 y 3 veces la capacidad de acumulación. Se considera una estimación ya que depende fuertemente de la temperatura de preparación.
2. La disponibilidad de otros datos permitirá utilizarlos para el cálculo alternativo de prestaciones pero no para el cumplimiento de la exigencia básica de dimensionado.



07.1.2 Temperatura de agua fría de entrada

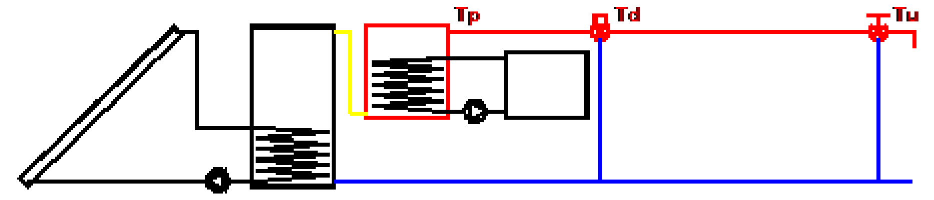
1. La temperatura diaria media mensual de agua fría de las distintas ciudades se tomará del apartado 14.
2. La utilización de valores de temperaturas de agua fría diferentes a los indicados deberá ser justificada.

07.1.3 Temperatura de agua caliente

1. El consumo de referencia estará calculado para una temperatura de referencia de 45º con los datos del apartado 07.2.1. De esta forma se adopta el criterio de que el caudal de consumo sin temperatura especificada corresponde al de 45ºC siendo necesario referenciarla en el resto de los casos: $Q_{ACS}(45) = Q_{ACS}$
2. Cuando el consumo se asocia a cualquier otro valor de temperatura T, los valores del consumo $Q_{ACS}(T)$ se determinan de acuerdo con la siguiente expresión:

$$Q_{ACS}(T) = Q_{ACS}(45) \cdot (45 - T_{AF}) / (T - T_{AF})$$

3. El consumo de agua caliente se puede expresar asociado con la temperatura de uso (T_U) o con cualquier otro valor como la temperatura de distribución (T_D) o la temperatura de preparación (T_P). En la figura siguiente se muestran gráficamente las temperaturas definidas anteriormente en una instalación solar con un sistema de apoyo de agua caliente por acumulación.
4. El consumo asociado a la temperatura de preparación, salvo en configuraciones especiales no recogidas en las ETUS (por ejemplo, cuando los sistemas de apoyo están conectados en paralelo a la instalación solar) es el que circula por la instalación solar de precalentamiento.
5. La mezcla de este caudal de preparación con agua fría, tanto a la salida del sistema de apoyo como en el punto de consumo, proporciona el caudal de distribución y el caudal de uso a las correspondientes temperaturas. El caudal de preparación nunca será mayor que el de distribución



ni éste nunca mayor que el de consumo.
6. La elección de las temperaturas de agua caliente deberá seleccionarse teniendo en cuenta:
   - La legislación vigente: en materia sanitaria, ahorro y eficiencia energética, etc.
   - Que la temperatura mínima de preparación será de 45ºC.
   - Las pérdidas térmicas hasta el punto de consumo producirán una caída de temperatura que siempre será inferior a 3ºC.
   - Que la temperatura máxima de uso siempre será inferior a 60ºC para evitar quemaduras
   - Que al aumentar la temperatura de distribución y de preparación aumentan las pérdidas térmicas.
   - Que mientras mayor sea la temperatura de preparación, menor es el caudal de consumo que atraviesa la instalación solar y, por tanto, menor es el rendimiento de la misma
7. De acuerdo con todo lo anterior, a medida que se aumenta la temperatura de preparación, para cubrir una determinada demanda, será necesario una instalación solar de mayor tamaño y coste.

07.2 CÁLCULO DEL CONSUMO DE ENERGÍA TÉRMICA

07.2.1 Cálculo de la demanda de energía para agua caliente

1. La demanda de energía térmica del agua caliente sanitaria DE_{ACS} es la cantidad de energía necesaria para aumentar la temperatura del caudal de agua consumida $Q_{ACS}(T_U)$ desde la temperatura de entrada de agua fría T_{AF} hasta la temperatura de uso T_U en los puntos de



consumo. Las características del agua están representadas por su densidad ρ y por el calor específico c_p a presión constante. Se calcula mediante la expresión:

$$DE_{ACS} = Q_{ACS}(T_U) \,.\, \rho \,.\, c_p \,.\, (T_U - T_{AF})$$

2. Con los valores medios diarios de los datos de partida, en base mensual, se obtendrá la demanda media diaria de agua caliente a la temperatura de referencia de cada uno de los meses del año y a partir de esos valores, la demanda de energía anual.

07.2.2 Cálculo de las pérdidas térmicas asociadas a la demanda.

1. Habrá que considerar todas las pérdidas térmicas necesarias para abastecer la demanda tanto en los circuitos de alimentación, distribución y recirculación como del sistema de preparación de agua caliente.
2. Las pérdidas térmicas asociadas a los circuitos de la demanda son:
- de la red de alimentación que corresponden a las pérdidas de agua y energía de la red de distribución interior de la vivienda o del centro de consumo.
- de la red de distribución (circuitos de impulsión y de recirculación) que corresponden a las pérdidas por disponibilidad y comprende las pérdidas de ambos circuitos.
3. Las del preparador de agua caliente sanitaria del sistema de apoyo que fundamentalmente estarán producidas en el sistema de acumulación.
4. Las pérdidas térmicas asociadas a la demanda serán:

$$PT_{DEM} = PT_{ALI} + PT_{DIS} + PT_{REC} + PT_{ACU}$$

5. Como ya se indicó, la determinación de las pérdidas térmicas se podrá realizar directamente de los cálculos de los métodos de simulación o estimados con otros métodos simplificados con los criterios establecidos en el apartado 06.

07.2.3 Cálculo del consumo de energía térmica

1. El consumo de energía térmica (CE_{ACS}) es la cantidad de energía térmica que es necesario emplear para poder abastecer una determinada demanda. Se determina sumando la demanda de energía y las pérdidas térmicas asociadas a la demanda:

$$CE_{ACS} = DE_{ACS} + PT_{DEM} = DE_{ACS} + PT_{ALI} + PT_{DIS} + PT_{REC} + PT_{ACU}$$

2. El consumo de energía térmica CE_{ACS} debe ser resuelto y suministrado por el aporte de energía solar térmica AS y por un consumo de energía térmica del sistema auxiliar CE_{AUX}. Todo ello da lugar a la expresión:

$$CE_{ACS} = DE_{ACS} + PT_{DEM} = AS + CE_{AUX}$$

3. La fracción solar representa la parte de la demanda de energía que no es suministrada por el consumo de energía auxiliar (CE_{AUX}). Se puede expresar en tanto por uno o tanto por ciento, mediante la expresión:

$$f = 1 - [CE_{AUX} / DE_{ACS}] = AS / DE_{ACS}$$

4. El rendimiento medio η_{med} del SST se obtiene como la razón entre la energía solar térmica aportada y la radiación global incidente sobre el SST en un determinado periodo de tiempo:

$$\eta_{med} = AS / RAD$$

5. Es necesario evaluar la importancia de las pérdidas térmicas, la energía solar aportada y la fracción solar para distintas condiciones de demanda por lo que debería realizarse la evaluación del consumo de energía para demandas de agua caliente de $\pm$ 50% del valor de diseño.



07.3 PARÁMETROS CLIMÁTICOS

1. Como parámetros climáticos a considerar en el proceso de cálculo, se deberán considerar los valores recogidos en el apartado 14 donde, para distintas ciudades y latitudes, se indican:
- Irradiación global diaria media mensual sobre superficie horizontal (kWh/m^2)
- Factores de transformación R a radiación solar global sobre superficie inclinada
- Temperatura ambiente diaria media mensual (ºC)

07.4 MÉTODOS DE CÁLCULO UTILIZABLES

1. El cálculo de las prestaciones de una instalación solar puede tener, básicamente, tres objetivos:
- que el futuro usuario disponga de una previsión de la energía térmica aportada
- que el diseñador pueda optimizar parámetros de funcionamiento y diseño de instalaciones
- que se puedan comparar distintas soluciones
2. A los efectos de información para el usuario, siempre es importante disponer de los resultados del comportamiento y funcionamiento de la instalación para distintas condiciones de uso; para ello y como mínimo, se establece la necesidad de calcular las prestaciones de la instalación para consumos distintos al de diseño en un rango de ± 50%.
4. El método de cálculo utilizado deberá ser aceptado por las partes y se pueden admitir como válidos los distintos métodos aceptados por el sector y cuyo uso esté contrastado por entidades públicas y privadas, que sea amplia su difusión y que tenga la posibilidad de seleccionar distintos componentes. Los parámetros funcionales serán todos los necesarios por el método de cálculo.
5. Aunque se puedan utilizar otros métodos de cálculo, para justificar el cumplimiento de la exigencia básica o para la comparación de soluciones, las prestaciones de la instalación deberán calcularse por el método f-Chart que se describe en este capítulo y utilizando los datos establecidos.
6. A los efectos de evaluar el cumplimiento de la exigencia básica no es obligatorio considerar las pérdidas térmicas de los circuitos anteriormente referidas salvo que expresamente se indique lo contrario. En instalaciones centralizadas de hospitales, hoteles, viviendas, etc. el cálculo de las pérdidas térmicas se realizará por un procedimiento independiente del método f-chart.

07.5 MÉTODO DE CÁLCULO F-CHART

07.5.1 Parámetros funcionales

1. Los parámetros funcionales de la instalación necesarios para realizar los cálculos de prestaciones energéticas con el método de cálculo f-chart son los siguientes:
   - Superficie de apertura del sistema de captación (Ac en m^2) definida por:
     - Número de colectores solares
     - Superficie de apertura del colector solar (m^2)
   - Rendimiento del colector:
     - Factor de eficiencia óptica del colector: $F_R(\tau\alpha) = \eta_0$
     - Coeficiente global de pérdidas $F_R U_L$ en W/(m^2·K). Cuando se dispone de los factores de pérdidas del colector, lineal a_1 y cuadrático a_2, se determina: $F_R U_L = a_1 + 40 \cdot a_2$
   - Volumen específico de acumulación V/A en litros/m^2
   - Caudales e intercambio:
     - Caudal másico en circuito primario m_1 en kg/(s·m^2)
     - Caudal másico en circuito secundario m_2 en kg/(s·m^2)
     - Calor específico en circuito primario C_{p1} en J/(kg·K)
     - Calor específico en circuito secundario C_{p2} en J/(kg·K)
     - Efectividad del intercambiador (ε)

2. En el caso de no disponer de los resultados de ensayo del colector, se adoptarán los siguientes valores tipo:
   - Rendimiento del colector plano con absorbedor no selectivo:
     - Factor de eficiencia óptica del colector: $F_R(\tau\alpha) = \eta_0 = 0{,}80$



- Coeficiente global de pérdida $F_R U_L$ en W/(m^2·K) = 6,0
- Rendimiento del colector plano con absorbedor selectivo:
- Factor de eficiencia óptica del colector: $F_R(\tau\alpha) = \eta_0 = 0{,}75$
- Coeficiente global de pérdida $F_R U_L$ en W/(m^2·K) = 4,0
- Rendimiento del colector de tubos de vacío:
- Factor de eficiencia óptica del colector: $F_R(\tau\alpha) = \eta_0 = 0{,}70$
- Coeficiente global de pérdida $F_R U_L$ en W/(m^2·K) = 2,0

07.5.2 Procedimiento

1. Para cada mes del año se determinan los parámetros adimensionales X e Y que son representativos, respectivamente, de las pérdidas y las ganancias de la instalación:

$$X = (Ac * F_R U_L * F_{IC} * (100 - T_a) * \Delta t * C_V * C_T) / DE$$

$$Y = (Ac * F_R(\tau\alpha) * F_{IC} * M_{AI} * H_T * N) / DE$$

2. Se definen los siguientes factores de corrección:

- Factor de corrección del intercambiador de calor (se supone $m_1 \cdot C_{p1} = m_2 \cdot C_{p2} = mC_p$):

$$F_{IC} = 1 / [1 + (F_R U_L / mCp) * (1/\varepsilon - 1)]$$

- Corrección por volumen de acumulación:

$$C_V = ((V/A) / 75)^{-0.25}$$

- Corrección por temperatura de agua caliente, siendo T_p la temperatura de preparación, T_f la temperatura de agua fría y T_a la temperatura ambiente media mensual:

$$C_T = (11{,}6 + 1{,}18 * T_p + 3{,}86 * T_f - 2{,}32 * T_a) / (100 - T_a)$$

- Modificador del ángulo de incidencia M_{AI} para el que se adoptará el valor K(50) del ensayo del colector o, en el caso que no se disponga del ensayo, se seleccionará en función del tipo de colector de los valores siguientes:
  - Para colectores planos: 0,94
  - Para colectores de tubos de vacío con absorbedor plano: 0,97
  - Para colectores de tubos de vacío con absorbedor cilíndrico: 1,00

3. El resto de parámetros que intervienen son:

T_a	Temperatura ambiente media mensual (ºC)
Δt	Número de segundos en el mes (s)
$DE = DE_{ACS}$	Demanda de energía mensual, (J)
H_T	Irradiación solar incidente diaria media mensual (J/m^2)
N	Número de días en el mes

4. Con los valores de X e Y se determina, para cada mes del año, el factor f_i:

$$f_i = 1{,}029 * Y - 0065 * X - 0{,}245 * Y^2 + 0{,}0018\ X^2 + 0{,}0215\ Y^3$$

5. El factor f_i, que resulta de la expresión anterior, es el valor de la fracción solar en tanto por uno del mes considerado y siempre será $f_i \leq 1$. El aporte solar, para cada mes, se determinará mediante la expresión:

$$AS_i = f_i \cdot DE_i$$

6. Realizando la misma operación para todos los 12 meses, se obtendrá la fracción solar media anual a partir de la expresión:

$$f = \Sigma f_i \cdot DE_i \ / \ \Sigma DE_i = \Sigma AS_i \ / \ \Sigma DE_i$$

08. MONTAJE

08.1 CONDICIONES DE MONTAJE

1. En este apartado se describen los requisitos mínimos a cumplir durante el montaje de la instalación solar térmica.
2. La instalación se realiza sobre la base de un proyecto detallado y todas las condiciones de montaje y ejecución deberían estar especificadas en el mismo. Su alcance y requisitos pueden ser distintos pero no contrarios ni inferiores a los establecidos en estas ETUS.
3. Los requisitos de montaje pueden estar expresamente indicados en el proyecto, o bien indirectamente, por ejemplo, haciendo referencias a estas ETUS, a un Pliego de Condiciones, a Normas u otros documentos. Todo lo que no esté referenciado ni especificado, estará sometido a las normas de la buena práctica y a los procedimientos de montaje, de supervisión y de control de calidad del propio instalador y del RTI.

08.2 REPLANTEO DE LA INSTALACIÓN

1. Antes de iniciar el montaje de la instalación se puede formalizar un acta de replanteo, firmada por el usuario, el instalador y el RTI, dejando constancia de la documentación que se utiliza para el montaje y del conocimiento de la misma por las partes.
2. El replanteo de la instalación se realiza para comprobar, verificar y dar conformidad al montaje del proyecto detallado una vez que se ha revisado en obra todo su contenido, en particular:

- Espacios disponibles para ubicación de colectores, acumuladores y resto de componentes.
- Previsiones de espacios para trazados de circuitos
- Sistemas de apoyo y sujeción establecidos
- Procedimientos de montaje previstos
- Medios auxiliares necesarios para la correcta ejecución de la instalación
- Accesibilidad a toda la instalación tanto para el montaje como para operaciones posteriores de mantenimiento.

08.3 REQUISITOS GENERALES

1. La instalación se construirá en su totalidad utilizando materiales y procedimientos de ejecución que garanticen las exigencias del servicio, durabilidad, salubridad, seguridad y mantenimiento.
2. La recepción de los materiales y componentes se realizará comprobando el cumplimiento de las especificaciones de proyecto, sus características aparentes y se registrarán los datos de funcionamiento para que puedan ser comparados con los de proyecto.
3. Es responsabilidad del instalador proteger y vigilar los materiales durante el transporte y montaje. Estos requisitos serán especialmente observados en caso de que existan materiales delicados y frágiles.
4. En el montaje se tendrá en cuenta las especificaciones dadas por los fabricantes para cada uno de los componentes. Se podrán admitir variaciones respecto a las indicadas por el fabricante siempre que estén debidamente justificadas.
5. Las aberturas de todos los aparatos y equipos deberían estar protegidas con el fin de evitar la entrada de cuerpos extraños y suciedades.
6. La instalación de todos los componentes, equipos, válvulas, etc. se realizará de forma que sea posible el posterior acceso a los efectos de su mantenimiento, reparación o desmontaje.
7. Una vez realizada la instalación, las placas de características de los equipos deberían ser visibles.
8. Es responsabilidad del instalador comprobar que la calidad de los materiales utilizados se ajusten a lo especificado en el proyecto.
9. Todos los elementos metálicos que no estén debidamente protegidos contra la oxidación por el fabricante, serán recubiertos con el tratamiento antioxidante que se defina.



08.4 MONTAJE DE SUBSISTEMAS

08.4.1 Montaje de la estructura soporte

1. La estructura soporte se fijará a la edificación de la forma indicada en el proyecto.
2. El sistema de sujeción de los colectores a la estructura, además de resistir las cargas del viento previstas, permitirá, si fuera necesario, el movimiento del colector de forma que no se transmitan esfuerzos de dilatación.
3. En el caso de utilización de zunchos o dados de hormigón o bancadas de fábrica de ladrillo como elementos de apoyo y soporte sobre la superficie de cubierta, se evitará el estancamiento de agua haciendo las previsiones correspondientes para paso y evacuación del agua.
4. En edificaciones existentes se evitará la rotura de la impermeabilización y se protegerá su deterioro durante el montaje. Cuando sea necesaria la intervención se extremarán las precauciones para asegurar y verificar la estanqueidad final.

08.4.2 Montaje de colectores solares

1. Se montarán los colectores de acuerdo con las instrucciones del fabricante. Se tendrá en cuenta las recomendaciones de éste en relación con los periodos prolongados expuestos al sol y la forma de mantener las conexiones para que no entre suciedad en los circuitos.
2. La conexión entre colectores podrá realizarse con accesorios metálicos, manguitos o tuberías flexibles suministradas o admitidas expresamente por el fabricante.
3. Las tuberías flexibles se conectarán a los colectores solares utilizando preferentemente accesorios para mangueras flexibles.
4. El montaje de las tuberías flexibles evitará que la tubería quede retorcida y que se produzcan radios de curvatura superiores a los especificados por el fabricante.
5. Se habrá previsto el acceso a los colectores de forma que su desmontaje sea posible con el mínimo de actuaciones sobre los demás.

08.4.3 Montaje de intercambiadores y acumuladores

1. Las estructuras soportes para acumuladores y su sistema de fijación se realizará según la normativa vigente.
2. Los acumuladores e intercambiadores se montarán de acuerdo con las especificaciones de proyecto y siguiendo las instrucciones del fabricante.

08.4.4 Montaje de bombas de circulación

1. Las bombas se instalarán de acuerdo con las instrucciones del fabricante y con espacio suficiente para que puedan ser desmontadas sin necesidad de desarmar las tuberías adyacentes.
2. El diámetro de las tuberías de acoplamiento no podrá ser nunca inferior al diámetro de la boca de aspiración de la bomba.
3. Las tuberías conectadas a las bombas en línea se soportarán en las inmediaciones de las bombas de forma que no provoquen esfuerzos recíprocos.
4. La conexión de las tuberías a las bombas no podrá provocar esfuerzos recíprocos (se utilizarán manguitos antivibratorios cuando la potencia de accionamiento sea superior a 700 W).

08.4.5 Montaje de tuberías y accesorios

1. Las tuberías serán instaladas de forma ordenada utilizando, fundamentalmente, tres ejes perpendiculares entre sí y paralelos a elementos estructurales de la edificación. Se tendrán en cuenta las pendientes que deban utilizarse.
2. Las tuberías se instalarán lo más próximo posible a paramentos, dejando el espacio suficiente para manipular el aislamiento y los accesorios. Salvo excepciones debidamente justificadas, la distancia mínima de las tuberías o sus accesorios a elementos estructurales será de 5 cm.
3. Las tuberías discurrirán siempre por debajo de canalizaciones eléctricas que crucen o corran paralelamente.
4. Las tuberías no se instalarán nunca encima de equipos eléctricos como cuadros o motores.

5. La distancia en línea recta entre la superficie exterior de la tubería, con su eventual aislamiento, y la del cable o tubo protector no deberían ser inferiores a la siguiente:
    5 cm. para cables bajo tubo con tensión inferior a 1.000 V.
    30 cm. para cables sin protección con tensión inferior a 1.000 V.
    50 cm. para cables con tensión superior a 1.000 V.
6. No se permitirá la instalación de tuberías en hueco y salas de máquinas de ascensores, centros de transformación y chimeneas en uso.
7. Las conexiones de las tuberías a los componentes se realizarán de forma que no se transmitan esfuerzos mecánicos.
8. Las conexiones de componentes al circuito deberían ser fácilmente desmontables por bridas o racores con el fin de facilitar su sustitución o reparación.
9. Los cambios de sección en tuberías horizontales se realizarán de forma que evite la formación de bolsas de aire mediante manguitos de reducción excéntricos o enrasado de las generatrices superiores para uniones soldadas.
10. Para evitar la formación de bolsas de aire, los tramos horizontales de tubería se montarán siempre con su pendiente ascendente en el sentido de evacuación del aire.
11. Se facilitarán las dilataciones de tuberías utilizando los cambios de dirección o dilatadores axiales.
12. Las uniones de tuberías de acero podrán ser por soldadura o roscadas. Las uniones con valvulería y equipos podrán ser roscadas hasta 2" y se recomiendan con bridas para diámetros superiores.
13. Las uniones entre tubos de acero y cobre en circuitos de consumo se harán por medio de juntas dieléctricas y se verificará que el sentido de flujo del agua debería ser siempre del acero al cobre.
14. Durante el montaje de las tuberías se evitarán las rebabas y escorias de los cortes para su unión.
15. En las ramificaciones soldadas el final del tubo ramificado no debe proyectarse en el interior del tubo principal.
16. Para evitar la corrosión del exterior de las tuberías de acero se procederá a su protección mediante limpieza de la superficie, imprimación anticorrosiva y pintura de acabado.

08.4.6 Vaciados y desagües

1. Todos los equipos y circuitos de tuberías deberían poder vaciarse total y parcialmente.
2. Se preverá el vaciado parcial en todas las zonas del circuito que puedan independizarse.
3. El vaciado total se hará desde el punto más bajo con un diámetro adecuado al tiempo de vaciado previsto y al tamaño de la red de desagüe.
4. Las conexiones de las válvulas de vaciado a las redes de desagües se pueden realizar en material plástico apto para esta aplicación o de cobre.
5. Las conexiones entre los puntos de vaciado y desagües se realizarán de forma que el paso del agua quede perfectamente visible.
6. Los botellines de purga serán siempre accesibles y siempre que sea posible, deberían conducirse a un lugar visible. Se adoptarán las precauciones necesarias para que, con su actuación, el fluido no alcance a la persona que lo acciona.
7. Los conductos de vaciado de la batería de colectores se instalarán en lo posible de forma que se evite la congelación del fluido de trabajo.
8. La tubería de conexión entre los colectores y la válvula de seguridad tendrá la menor longitud posible y no albergará conexiones intermedias.
9. Se usarán válvulas de seguridad o llaves que no se obstruyan con la suciedad.

08.5 VERIFICACIÓN DE LA INSTALACIÓN

1. Durante la ejecución de obra, todos los tramos de tubería, uniones o elementos que vayan a quedar ocultos, deberían ser expuestos para su control y deberían quedar expresamente aprobado su montaje antes de quedar ocultos incluso realizadas las pruebas que se determinen.
2. Adicionalmente, se verificarán los soportes de tubería utilizados, los diámetros, trazados y pendientes de tuberías, la continuidad de los aislamientos, etc.
3. Una vez completado el montaje, el RTI realizará una inspección a la instalación, que deberá dejar documentada, y que podrá desglosarse en dos tipos de actuaciones:

- Obligatoriamente, verificar que se cumplen todas las prescripciones del proyecto detallado
- Opcionalmente, evaluar la correcta calidad de la ejecución conforme a los apartados anteriores.



09. PRUEBAS, PUESTA EN MARCHA Y RECEPCIÓN.

1. La ejecución de la instalación termina con la entrega de la instalación al promotor o usuario para iniciar el periodo de uso así como el de mantenimiento.
2. La entrega se realiza en el proceso de recepción que intercala un periodo de tiempo transitorio (desde la provisional a la definitiva) donde, aunque la propiedad sea del promotor, se realizan comprobaciones del funcionamiento normal de la instalación.
3. Para realizar la recepción de la instalación deberían estar realizadas, además del montaje completo, las pruebas y ajustes especificados, así como la puesta en marcha.
4. El instalador se responsabilizará de la ejecución de las pruebas funcionales, del buen funcionamiento de la instalación y del estado de la misma hasta su entrega a la propiedad.
5. El instalador, salvo orden expresa, entregará la instalación llena y en funcionamiento.
6. En un documento de control de ejecución se deberán recoger las pruebas parciales, finales y funcionales realizadas, la fecha en las que tuvieron lugar, los resultados obtenidos y el grado de cumplimiento de las prestaciones previstas.

09.1 PRUEBAS DE CIRCUITOS

09.1.1 Pruebas de estanqueidad de redes hidráulicas

1. Todas las redes de circulación de fluidos portadores deberían ser probadas hidrostáticamente, a fin de asegurar su estanqueidad, antes de quedar ocultas por obras de albañilería, material de relleno o por el material aislante.
2. El procedimiento a seguir para las pruebas de estanqueidad hidráulica, en función del tipo de fluido transportado y con el fin de detectar fallos de continuidad en las tuberías de circulación de fluidos portadores, comprenderá las fases que se relacionan a continuación.
3. Antes de realizar la prueba de estanquidad y de efectuar el llenado definitivo, las redes de distribución de agua deberían ser limpiadas internamente para eliminar los residuos del montaje
4. Las pruebas de estanquidad requerirán el cierre de todos los terminales abiertos. Debería comprobarse que los aparatos y accesorios que queden incluidos en la sección de la red que se pretende probar puedan soportar la presión a la que se les va a someter. De no ser así, tales aparatos y accesorios deberían quedar excluidos, cerrando válvulas o sustituyéndolos por tapones.
5. Para ello, una vez completada la instalación, la limpieza podrá efectuarse llenándola y vaciándola el número de veces que sea necesario, con agua o con una solución acuosa de un producto detergente, con dispersantes compatibles con los materiales empleados en el circuito, cuya concentración será establecida por el fabricante.
6. El uso de productos detergentes no está permitido para redes de tuberías destinadas a la distribución de agua para usos sanitarios.
7. Tras el llenado, se pondrán en funcionamiento las bombas y se dejará circular el agua durante el tiempo que indique el fabricante del compuesto dispersante. Posteriormente, se vaciará totalmente la red y se enjuagará con agua procedente del dispositivo de alimentación.
8. En el caso de redes cerradas, destinadas a la circulación de fluidos con temperatura de funcionamiento menor que 100°C, se medirá el pH del agua del circuito. Si el pH resultara menor que 7,5 se repetirá la operación de limpieza y enjuague tantas veces como sea necesario. A continuación se pondrá en funcionamiento la instalación con sus aparatos de tratamiento.
9. Esta prueba se efectuará a baja presión, para detectar fallos importantes de continuidad de la red y evitar los daños que podría provocar la prueba de resistencia mecánica; se empleará el mismo fluido transportado o, generalmente, agua a la presión de llenado.
10. La prueba preliminar tendrá la duración necesaria para verificar la estanqueidad de todas las uniones.
11. Esta prueba se efectuará a continuación de la prueba preliminar: una vez llenada la red con el fluido de prueba, se someterá a las uniones a un esfuerzo por la aplicación de la presión de prueba. En el caso de circuitos cerrados de agua refrigerada o de agua caliente hasta una temperatura máxima de servicio de 100º C, la presión de prueba será equivalente a una vez y media la presión máxima efectiva de trabajo a la temperatura de servicio, con un mínimo de 10

bar; para circuitos de agua caliente sanitaria, la presión de prueba será equivalente a 1,5 la presión máxima de servicio.

El circuito de consumo deberá soportar la presión máxima requerida por las normativas vigentes para las instalaciones sanitarias.

En caso de circuitos de consumo con conexión directa a la red de abastecimiento, se tendrá en cuenta la máxima presión de la misma para verificar que todos los componentes del circuito de consumo soportan dicha presión.

12. Para los circuitos primarios de las instalaciones de energía solar una vez y media la presión máxima de trabajo del circuito primario, con un mínimo de 3 bar, comprobándose el funcionamiento de las líneas de seguridad.
13. En todos los casos, los equipos, aparatos y accesorios que no soporten dichas presiones quedarán excluidos de la prueba.
14. La prueba hidráulica de resistencia mecánica tendrá la duración necesaria para verificar visualmente la estanquidad de todas y cada una de las uniones.
15. La reparación de las fugas detectadas se realizará desmontando la junta, accesorio o sección donde se haya originado la fuga y sustituyendo la parte defectuosa o averiada con material nuevo.
16. Una vez reparadas las anomalías, se volverá a comenzar desde la prueba preliminar. El proceso se repetirá tantas veces como sea necesario, hasta que la red sea estanca.

09.1.2 Pruebas de libre dilatación

1. Una vez que las pruebas anteriores de las redes de tuberías hayan resultado satisfactorias y se haya comprobado hidrostáticamente el ajuste de los elementos de seguridad, las instalaciones equipadas con generadores de calor se llevarán hasta la temperatura de tarado de los elementos de seguridad, habiendo anulado previamente la actuación de los aparatos de regulación automática.
2. En el caso de los circuitos primarios de las instalaciones solares se llevarán a la temperatura de estancamiento, con el circuito lleno y la bomba de circulación parada, cuando el nivel de radiación sobre la apertura del colector sea superior al 80% del valor de irradiancia que defina como máxima el proyectista, durante al menos una hora. Se comprobará que las temperaturas y las presiones alcanzadas son las previstas en los distintos puntos del circuito.
3. Durante el enfriamiento de la instalación y al finalizar el mismo, se comprobará visualmente que no hayan actuado las válvulas de seguridad ni hayan tenido lugar deformaciones apreciables en ningún elemento o tramo de tubería y que el sistema de expansión haya funcionado correctamente.

09.2 LLENADO, PURGA Y PRESURIZACIÓN

1. Una vez realizadas las pruebas, los circuitos están listos para llenarlos de fluido, purgarlos de aire y dejarlos a la presión de trabajo, y con ello, preparados para empezar a funcionar.

09.2.1 Procedimiento de llenado

1. A continuación se detalla el proceso de llenado para una instalación típica. El orden normal para el llenado de las partes del sistema es, en primer lugar, acumulador y circuitos secundario y de consumo y por último el circuito primario.
2. Para llenar el acumulador solar y los circuitos secundarios y de consumo, se debe verificar que todas las válvulas estén en la posición adecuada así como cerrar las válvulas de bypass que puedan existir y todos los sensores inmersos en el acumulador deberán estar instalados antes del llenado.
3. Si el acumulador dispone de válvula de purga, dejarla abierta; en caso contrario abrir algún punto de consumo para facilitar la salida del aire y la entrada del agua. Se realiza el llenado del acumulador abriendo la válvula que lo alimenta con agua de la red, dejando que la presión lo llene hasta que salga agua por la válvula de venteo superior o el punto de consumo abierto. Ir abriendo sucesivamente todos los puntos de consumo para eliminar todo el aire de las tuberías

4. Se recomienda llenar el circuito primario por la mañana temprano o cuando no haya sol:
- para evitar choques térmicos,
- para impedir que el fluido se caliente demasiado lo que puede dificultar la purga, y
- para poder dejar el circuito a la presión mínima de llenado en frio.
5. En función del sistema de llenado disponible hay que considerar:
- Si el sistema de llenado es con bomba de presión, preparar el fluido en el depósito y realizar el llenado del circuito primario utilizando la conexión prevista y dando salida al aire. Antes de hacer la operación debe calcularse el volumen del circuito para tener preparado el volumen completo que va a ser necesario.
- Si el sistema de llenado es con agua de red, abrir la válvula de alimentación y abrir los purgadores de aire manuales para facilitar que salga el aire y entre el agua, cerrándolos cuando se vea que sale agua sin aire. Si los purgadores son automáticos conviene desmontarlos para hacer más rápido esta operación.

09.2.2 Purga completa de los circuitos

1. El proceso de llenado siempre lleva consigo la evacuación de todo el aire de la instalación y será necesario asegurarse al final del proceso que la instalación está completamente llena de fluido y completamente vacía de aire.
2. En función de las formas y trazados de los circuitos puede ser necesario hacer circular el fluido (abriendo los grifos en el circuito de distribución y actuando las bombas de circulación en los circuitos primario y secundario) para que el desplazamiento del mismo arrastre el aire que pueda quedar en los mismos. Después de un cierto tiempo funcionando (unos pocos minutos) se deben parar el movimiento de los fluidos y completar el proceso de llenado y purga. Antes de realizar la purga comprobar que el circuito está, y se mantiene, presurizado ya que, en caso contrario, puede volver a entrar aire en el mismo.
3. Al realizar la purga se debe observar si se extrae una mezcla de fluido y aire o sólo fluido. Si se extrae sólo fluido dejar presurizado el circuito y listo para funcionar. Si sigue saliendo aire volver a hacer circular el fluido (durante tiempos cada vez más prolongados) y repetir la operación completa.

09.2.3 Presurización de los circuitos

1. Una vez llenos de fluidos, y purgados de aire, todos los circuitos deben presurizarse hasta la presión mínima de trabajo. Antes de realizar esta operación verificar el correcto posicionamiento de todas las válvulas de los sistemas de purga para asegurar que los circuitos van a quedar estancos.
2. Para el circuito de consumo la presión de llenado será la presión de la red de alimentación de agua fría. Deberá comprobarse que se alcanza la presión prevista y se traslada hasta los grifos de consumo.
3. En edificios en uso, una vez realizado el llenado del sistema de apoyo y de la red de distribución interior, se debe aislar la IST de nuevo cerrando la válvula de la alimentación de agua fría cerrada y dejando abierta la que alimenta directamente al sistema de apoyo (válvula intermedia del bypass) con el fin de hacer las pruebas de la IST.
4. Para el circuito primario se procederá de la siguiente forma:
- Antes de realizar el llenado, se habrá comprobado la presión del lado aire del depósito de expansión.
- Después de lleno y purgado el circuito se presurizará, por los medios disponibles, hasta que se alcance la presión mínima establecida. Es conveniente realizar esta operación con todos los circuitos fríos de forma que se asegure la presión mínima de llenado.
- Si no se hiciera esta operación con los circuitos fríos, se procurará ajustarla en otro momento.
5. El fluido del circuito primario, sobre todo si pueda quedar expuesto a heladas debe cumplir con las especificaciones del proyecto, verificar que su pH se encuentra en los márgenes indicados por el fabricante de los colectores y, por último, verificar también que la presión de cada circuito cerrado se encuentra dentro de lo especificado.



09.3 PUESTA EN MARCHA

1. Una vez llenos y presurizados todos los circuitos y antes de realizar la puesta en marcha se debe verificar el posicionamiento y funcionamiento de todas las válvulas: de seguridad, de corte, de vaciado, de llenado, etc. Asimismo, se comprobará que todos los dispositivos de medida se encuentran instalados
2. Las pruebas finales permitirán garantizar que la instalación reúne las condiciones de calidad, fiabilidad y seguridad exigidas en proyecto.
3. La instalación solar debería ser ajustada a los valores de proyecto dentro de los márgenes admisibles de tolerancia.

09.3.1 Encendido manual

1. Realizadas las verificaciones anteriores, se procede al encendido de las bombas utilizando la opción encendido manual del controlador o del cuadro eléctrico. Se comprobará que:
   - Las bombas se encuentran rotando en la dirección correcta. Para esto se puede revisar visualmente la rotación del eje del motor o mediante los medidores de presión instalados a cada lado de la bomba.
   - Se ha iniciado la circulación del fluido en los circuitos correspondientes y, si es un día soleado, se empezarán a calentar los circuitos primario y secundario.
   - Las modificaciones de presión, tanto las debidas al funcionamiento de bombas como al aumento de la temperatura de los circuitos debido al calentamiento del fluido son adecuadas.
   - Los medidores de flujo se encuentran funcionando así como cualquier medidor de energía que disponga el sistema
2. Puede ser necesario revisar que el aire ha sido completamente purgado del sistema ya que con el encendido de las bombas el fluido puede arrastrar el aire hasta los sistemas de purga. Para purgar correctamente, interesa apagar las bombas y volver a actuar sobre los purgadores de la instalación como se indicó anteriormente.
3. Se recomienda hacer un registro, con datos del día y la hora, de todos los datos disponibles de caudal, presión, temperaturas y consumo eléctrico de las bombas. Para ello es conveniente tener un cuadrante con todos los valores de los elementos de medida disponibles:
   - Indicadores del tiempo meteorológico en el momento.
   - Termómetro en colectores
   - Termómetro en el depósito
   - Termómetros en las bocas del intercambiador
   - Manómetro en el sistema de expansión
   - Puente manométrico en las bombas
   - Puente manométrico en primario y secundario del intercambiador
   - Estado de funcionamiento de las bombas (centralita)
   - Estado de funcionamiento de las bombas (cuadro eléctrico)
   - Registros de caudalímetros y/o contadores de energía
   - Consumos eléctricos, voltajes y amperajes de cada equipo eléctrico.

09.3.2 Ajustes de la distribución de fluidos

1. Se comprobará que el fluido anticongelante contenido en los circuitos expuestos a heladas cumple con los requisitos especificados en el proyecto.
2. Cada bomba, de la que se debería conocer la curva característica, debería ser ajustada al caudal de diseño, como paso previo al ajuste de los caudales en circuitos.
3. De cada circuito hidráulico se deberían conocer el caudal nominal y la presión, así como los caudales nominales cada uno de los ramales.
4. Los distintos ramales, o los dispositivos de equilibrado de los mismos, serán equilibrados al caudal de diseño. Se debería comprobar el correcto equilibrado hidráulico de los diferentes ramales mediante el procedimiento previsto en el proyecto.
5. En circuitos hidráulicos equipados con válvulas de control de presión diferencial, se debería ajustar el valor del punto de control del mecanismo al rango de variación de la caída de presión del circuito controlado.

6. De cada intercambiador de calor se deberían conocer la potencia, temperatura y caudales de diseño, debiéndose ajustar los caudales de diseño que lo atraviesan.
7. Cuando exista más de un grupo de colectores solares en el circuito primario del subsistema de energía solar, se debería probar el correcto equilibrado hidráulico de los diferentes ramales de la instalación mediante el procedimiento previsto en el proyecto.

09.3.3 Calibración del control automático

1. Se ajustarán todos los parámetros del sistema de control automático a los valores de diseño especificados en el proyecto y se comprobará el funcionamiento de todos los componentes que configuran el sistema de control.
2. Se establecerán los criterios de seguimiento basados en la propia estructura del sistema, en base a los niveles del proceso siguientes: nivel de unidades de campo, nivel de proceso, nivel de comunicaciones, nivel de gestión y telegestión.
3. Cuando la instalación disponga de un sistema de control, mando y gestión o telegestión basado en la tecnología de la información, su mantenimiento y la actualización de las versiones de los programas debería ser realizado por personal cualificado o por el mismo suministrador de los programas.
4. Para el ajuste de los parámetros del controlador se deberán considerar:
   - El diferencial de temperatura para el encendido y apagado de las bombas.
   - Las temperaturas máximas en colectores y acumulador.
   - La temperatura mínima para el sistema de protección contra heladas si es por recirculación.

09.3.4 Verificaciones finales.

1. Antes de iniciar las pruebas de funcionamiento y dejar el sistema funcionando en su modo automático de operación se debe verificar lo siguiente:

- La corriente utilizada por las bombas se encuentra dentro de los márgenes establecidos por el fabricante. Para esto utilizar un amperímetro para medir el amperaje de cada bomba.
- No hay signos de cavitación u otros funcionamientos inapropiados de las bombas.
- Los interruptores de flujo y sensores de temperatura se encuentran funcionando correctamente.

2. Después de verificar que el controlador funciona apropiadamente en los modos manual (encendido o apagado) y automático, dejar el sistema de control en modo automático.
3. Es conveniente hacer un registro de los datos de operación inicial del sistema después de que éste se encuentre funcionando en modo automático de la misma forma que se indicó anteriormente para el modo manual.

09.4 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

1. Las pruebas funcionales permitirán comprobar que las condiciones y los parámetros de funcionamiento cumplen las especificaciones de proyecto.
2. Se podrán emplear los procedimientos y criterios descritos en la norma UNIT 1196 Sistemas solares térmicos y componentes. Instalaciones a medida. Métodos de ensayo.

09.4.1 Encendido y apagado diario

1. La prueba de encendido y apagado diario del sistema en condiciones normales se debe realizar durante un día completo, este día debe ser soleado y durante la prueba se debe:

- Verificar que el controlador se encuentra encendido y en el modo automático.
- Esperar, durante la mañana, hasta que la bomba comience a funcionar debido a la diferencia de temperatura entre el fluido de los colectores y el agua del acumulador.
- Anotar las temperaturas a las que las bombas comienzan a funcionar. Comparar estas temperaturas con el diferencial de temperatura establecido en el controlador.
- Comprobar que, si el día es completamente soleado, las bombas de circulación están funcionando continuamente. Solamente deberían pararse si actúa alguna de las protecciones de seguridad previstas.

- Esperar, durante la tarde, hasta que la bomba se detenga debido a la diferencia de temperatura entre el agua en los colectores y el acumulador.
- Anotar las temperaturas a las que las bombas dejan de funcionar. Comparar esta temperatura con el diferencial de temperatura establecido en el controlador.

09.4.2 Evolución diaria de temperaturas

1. Esta prueba se debe realizar, inicialmente, con el consumo cerrado de forma que no se pueda extraer agua caliente del acumulador solar y comprobando que la temperatura del acumulador va subiendo a lo largo del día. En función de las condiciones meteorológicas del día se podrán hacer, o no, las comprobaciones de protección indicadas al final.
2. Comprobar la evolución de las temperaturas de entrada y salida de colectores, y de entrada y salida de intercambiador, verificando que van subiendo a lo largo del día y van disminuyendo al finalizar el día.
3. En otro día distinto, se podrán realizar las pruebas de funcionamiento con consumo y se harán las mismas comprobaciones anteriores pero, en este caso, las temperaturas del acumulador no subirán tanto.

09.4.3 Entrega de agua caliente

1. La prueba de entrega de agua caliente se realizará verificando, en primer lugar, el correcto posicionamiento de las válvulas de alimentación y consumo de tal modo que el agua fría entre en el acumulador solar y no en el sistema de apoyo así como también que, cuando se abre cualquier grifo de agua caliente, el agua de la IST fluya desde el sistema de acumulación solar al de apoyo y de éste al punto de consumo.
2. Para verificar la entrega de agua caliente se deben medir las temperaturas del circuito de consumo (entrada de agua fría, salida de agua caliente del acumulador solar y salida del sistema de apoyo) y comprobando que las temperaturas sean las relacionadas con cada sistema.

09.4.4 Sistemas de protección de la instalación

1. Estas pruebas pueden ser realizadas de manera natural cuando las condiciones del día son apropiadas. En caso contrario, se dejará constancia de que se han realizado las pruebas siguiendo alguno de los procedimientos:
   - Modificando la temperatura de consigna del controlador correspondiente.
   - Sacando el sensor de su posición normal y modificando su temperatura artificialmente.
2. De acuerdo con los procedimientos siguientes, se realizarán las pruebas de:
   - Temperatura máxima del acumulador
   - Temperatura máxima del circuito primario
   - Sistema de protección contra heladas
3. Se puede alcanzar la temperatura máxima del acumulador cuando se realicen las pruebas de evolución diaria de temperaturas sin consumo, si las condiciones son apropiadas, o realizando la misma prueba al día siguiente cuando el acumulador inicia el funcionamiento diario desde una temperatura más elevada. Cuando esto no sea posible se verificará la correcta actuación de esta protección bajando la temperatura de consigna del termostato limitador del acumulador y comprobando que se realiza la actuación prevista (parada de bombas) cuando la temperatura de consigna baja hasta la temperatura del acumulador.
4. Se puede alcanzar la temperatura máxima del circuito primario después de realizar las pruebas de temperatura máxima del acumulador, si las condiciones son apropiadas, y el circuito primario se sigue calentando hasta alcanzar dicha temperatura. Si no fuera posible, se deberá comprobar que el sistema actúa bajando la temperatura de consigna del sistema de protección hasta la temperatura disponible en el circuito primario. Habrá que cuidar que no existan otras temperaturas o enclavamientos que impidan la actuación.
5. Se podrá comprobar que el sistema actúa subiendo la temperatura de consigna hasta la temperatura disponible en circuito primario o sumergiendo el sensor de temperatura en un recipiente con agua-hielo.



09.4.5 Comprobaciones finales

1. Las comprobaciones finales que se puedan realizar están muy relacionadas con los equipos de medida que se dispongan en la instalación. Algunas medidas y comprobaciones que se podrían realizar son:
   - Rendimiento energético de los colectores solares. Para ello sería necesario que la instalación disponga de medida de la radicación solar mediante piranómetro o célula calibrada.
   - Equilibrado del campo de colectores midiendo las temperaturas y los saltos térmicos de todos los circuitos y ramales.
   - Efectividad y rendimiento del intercambiador de calor.
   - Rendimiento y aportación energética de la instalación solar.
   - Consumo eléctrico de la instalación

09.5 RECEPCIÓN

09.5.1 Recepción provisional.

1. El objeto de la recepción es comprobar que la instalación está de acuerdo con los servicios contratados y que se ajusta, por separado cada uno de sus elementos y globalmente, a lo especificado en el proyecto.
2. El instalador se responsabilizará de la ejecución de las pruebas parciales, finales y funcionales, del buen funcionamiento de la instalación y del estado de la misma en el momento de su entrega a la propiedad.
3. El instalador, salvo orden expresa, entregará la instalación llena y en funcionamiento.
4. Es condición previa para realizar los ensayos de recepción definitiva el que la instalación se encuentre totalmente terminada de acuerdo con el proyecto y con las modificaciones que por escrito hayan sido acordadas.
5. También es necesario que hayan sido previamente corregidas todas las anomalías denunciadas a lo largo de la ejecución de la obra y que la instalación haya sido equilibrada, puesta a punto, limpiada e, incluso, convenientemente rotulada.
6. Debería comprobarse la existencia de la acometida definitiva de energía eléctrica a la edificación o de acometida provisional con características equivalentes a la definitiva.
7. Una vez realizadas las pruebas funcionales con resultados satisfactorios, se procederá al acto de Recepción Provisional de la instalación por parte de la propiedad, con lo que se da por finalizado el montaje de la instalación.
8. El acto de recepción provisional quedará formalizado por un acta donde figuren todos los intervinientes y en la que se formalice la entrega conforme de la documentación referida.
9. La documentación disponible y entregada debería ser, al menos, la siguiente:

- Una memoria descriptiva de la instalación, en la que se incluyen las bases de proyecto y los criterios adoptados para su desarrollo.
- Una copia reproducible de los planos definitivos, comprendiendo, como mínimo, los esquemas de principio de todas las instalaciones, los planos de sala de máquinas y los planos de plantas donde se debería indicar el recorrido de las conducciones y la situación de las unidades terminales.
- Una relación de todos los materiales y equipos empleados, indicando fabricante, marca, modelo y características de funcionamiento.
- Las hojas recopilativas de los resultados de las pruebas parciales y finales.
- Un manual de instrucciones de funcionamiento de los equipos principales de la instalación.

09.5.2 Recepción definitiva

1. Desde al acta de recepción provisional, la propiedad o terceros podrán reclamar la subsanación de cuantas anomalías o defectos se detecten en el funcionamiento de la instalación.
2. Cualquier incidencia en el funcionamiento debe ser notificada formalmente.
3. Si durante el periodo deben realizarse pruebas adicionales para la verificación del correcto funcionamiento de la instalación, se añadirán los resultados a las hojas recopilativas entregadas.
4. Transcurrido el plazo estipulado desde el acta de recepción, la Recepción Provisional se transformará en Recepción Definitiva.
5. A partir de la recepción definitiva entrará en vigor la garantía.



10. OPERACIÓN, USO Y MANTENIMIENTO

10.1 MANUAL DE INSTRUCCIONES

1. El Manual de Instrucciones (MI) o manual de uso y mantenimiento recogerá todas aquellas descripciones, instrucciones y recomendaciones necesarias para asegurar el correcto uso y funcionamiento de la instalación y que, a lo largo de su vida útil, se realice con la máxima eficiencia energética, garantizando la seguridad, la durabilidad y la protección del medio ambiente, así como las exigencias establecidas en el proyecto.
2. El MI, que será entregado al titular y forma parte del suministro de la instalación, incluirá la definición de los siguientes contenidos:

- Proyecto ejecutado de la instalación incluyendo Memoria Técnica actualizada con las modificaciones o adaptaciones realizadas durante el montaje de la instalación.
- Informe de la inspección final realizada por el RTI, certificando que la instalación se encuentra completamente finalizada, que se han realizado las pruebas y que está en condiciones de funcionamiento
- Características de funcionamiento y manuales de los componentes principales.
- Recomendaciones de uso e instrucciones de seguridad.
- Plan de vigilancia
- Programa de mantenimiento.
- Certificados y condiciones de garantía de componentes e instalación.

10.2 CARACTERÍSTICAS DE FUNCIONAMIENTO.

1. Características de funcionamiento. El MI debe incluir un esquema de principio (o funcional) que permita la explicación del modo de funcionamiento del equipo:

- proceso de calentamiento del agua del acumulador: circulación del fluido.
- proceso de extracción o consumo de agua caliente.
- funcionamiento del sistema de energía auxiliar.

2. Valores nominales. Estarán establecidos los valores nominales de las distintas variables que pueden intervenir y/o visualizarse durante la operación normal de la instalación: temperaturas de agua, presiones de circuitos, etc.
3. Límites operacionales. Se definirán los límites operacionales de estas variables que definen los rangos de funcionamiento normal de las mismas.
4. Límites funcionales. Se definirán los valores límites, de parámetros funcionales, del conjunto y de los componentes principales: presión máxima de trabajo, temperatura máxima admisible, etc.
5. Se concretarán las características constructivas o funcionales que establecen dichos valores límites: resistencia de materiales, de recubrimientos, etc. así como las medidas adoptadas en el diseño para no sobrepasar los límites funcionales.
6. Prestaciones. Se aportará la información necesaria para conocer las prestaciones de la instalación. Se entiende como tal la cantidad de energía solar que aporta a un consumo determinado y con unas condiciones climáticas definidas.
7. Al menos, se incluirán las prestaciones previstas para varios tipos de cargas de consumo. Se indicará el procedimiento seguido para obtener los resultados.

10.3 RECOMENDACIONES DE USO E INSTRUCCIONES DE SEGURIDAD.

10.3.1 Recomendaciones de uso

Formando parte del Manual de Instrucciones o de forma independiente, el instalador entregará al titular de la instalación un manual de uso. El manual de uso debería contener como mínimo:

1. Recomendaciones generales sobre un consumo racional del agua
2. Recomendaciones generales para un correcto funcionamiento de la instalación. Debería incluir:
   - recomendar uso diario de la instalación.
   - distinción de parte solar de la parte de apoyo
   - precauciones a tomar frente a bajo consumo.

- precauciones frente a altas temperaturas.

2. Recomendaciones sobre el sistema de energía de apoyo. Debería incluir:
   - exposición de motivos por los que se incorpora un sistema de apoyo indicando que la fracción solar no es del 100% por causas climáticas (menor radiación) o de aumento de consumo sobre el previsto inicialmente.
   - descripción del tipo de conexión con el sistema de apoyo (serie/paralelo/bypass)
   - indicar la prohibición de uso de sistema de apoyo en el acumulador solar.
3. Descripción de los aspectos generales sobre el consumo de agua caliente sanitaria:
   - El consumo debería llevar implícito el uso racional de agua y no el despilfarro, ahorrando tanto agua como energía auxiliar.
   - Recomendaciones respecto a las formas de suministro que ahorran energía (temperaturas de preparación y aislamiento de tuberías).
4. Funcionamiento de instalaciones de energía solar. Deberían describirse aquellos aspectos funcionales que permitan al usuario obtener el máximo provecho de la instalación solar, aportar los criterios de mejor utilización y los resultados que pueden obtenerse:
   - Distinguir la parte solar y la auxiliar de la instalación.
   - Hacer hincapié en el plan de vigilancia y en el mantenimiento preventivo.
5. Recomendaciones o advertencias. Hay una serie de aspectos que ha de conocer el usuario:
   - Precauciones a tomar en épocas que no se consuma.
   - Prevención y solución de temperaturas elevadas.
   - Baja temperatura del agua caliente sanitaria: causas y soluciones.
6. Sistema de energía auxiliar. Descripción de los criterios funcionales por los que se incorpora un sistema de energía auxiliar a la instalación solar:
   - Diferencia entre el consumo de agua caliente de diseño y el real (conlleva un aumento del consumo de energía auxiliar)
   - Disponibilidad de energía solar: la cobertura no es del 100% por causas climáticas (menor radiación) o por aumento del consumo sobre el previsto.
   - Conexión serie / paralelo / bypass.
7. En las instalaciones que dispongan de los sistemas de medida adecuados, se realizará un seguimiento periódico del consumo de agua caliente sanitaria y de la contribución solar, midiendo y registrando los valores.

10.3.2 Instrucciones de manejo y maniobra

1. Las instrucciones de manejo y maniobra, serán adecuadas a las características técnicas de la instalación concreta y deberían servir para efectuar la puesta en marcha y parada de la instalación, de forma total o parcial, y para conseguir cualquier programa de funcionamiento y servicio previsto.

10.3.3 Instrucciones de seguridad

1. Las instrucciones de seguridad serán adecuadas a las características técnicas de la instalación concreta y su objetivo será reducir a límites aceptables el riesgo de que los usuarios u operarios sufran daños inmediatos durante el uso de la instalación.



10.4 PLAN DE VIGILANCIA.

1. El plan de vigilancia debe establecer el procedimiento de seguimiento y evaluación del funcionamiento para tener seguridad que los valores operacionales de la instalación sean correctos y prever que las prestaciones son las adecuadas a las previsiones.
2. En función de las características de la instalación, del sistema de medidas disponible y del tipo de usuario el plan de vigilancia establece unos procedimientos que pueden ser realizados por un operador del servicio de mantenimiento o, en muchos casos y en pequeñas instalaciones, por el mismo usuario de la instalación.
3. Desde el punto de vista del procedimiento de vigilancia y del alcance del mismo se pueden distinguir varios niveles de seguimiento que se pueden agrupar en éstos:
   - Observación simple de los principales parámetros de funcionamiento.
   - Sistema electromecánico de avisos que actúe cuando alguno de los parámetros rebasan unos límites establecidos.
   - Sistema de monitorización que proporcione información instantánea de los valores funcionales para, además de hacer el seguimiento de éstos, hacer la evaluación continua y permanente de las prestaciones de la instalación.
4. La vigilancia, si es manual, debe ser una actividad que debe hacerse diariamente aunque deberá acortarse a ciclos horarios cuando la instalación se vuelve a poner en marcha después de solucionar un fallo o podrá desfasarse varios días, hasta una o pocas semanas, cuando se tenga completa seguridad del correcto funcionamiento. Si es automática debe suponerse que la vigilancia es continua y que el sistema de supervisión avisa instantáneamente de cualquier fallo.
5. En cualquier caso, cuando se detecte algún problema durante el proceso de vigilancia se deberán aplicar los procedimientos de actuación ante avisos de fallos que se hallan previsto en el MI para encontrar la posible causa y su solución. Cuando se presenten estas situaciones y aunque depende del tipo de fallo, se deberá actuar con prontitud para evitar daños mayores.
6. Los indicadores que podrían utilizarse para controlar el correcto funcionamiento de la instalación solar:
   - Presión del circuito primario
   - Sistema de control
   - Circulación de fluidos
   - Transferencia de calor y temperaturas de funcionamiento
   - Medidas de la energía y del rendimiento

10.4.1 Presión del circuito primario

1. La presión de trabajo de un circuito primario es una variable que depende, fundamentalmente, de la temperatura del circuito y evoluciona diariamente entre un valor mínimo que sucede a primeras horas de la mañana y un valor máximo que sucede, normalmente, a primera hora de la tarde.
2. Adicionalmente, el funcionamiento de la bomba de circulación afecta a la presión del circuito creando una depresión aguas arriba de la bomba y una sobrepresión a la salida que puede ser relevante cuando la presión de funcionamiento de la bomba es significativa en relación a la presión de trabajo del circuito.
3. Cuando las bombas están paradas y el sistema frío, es decir, a primera hora de la mañana, la observación de la presión manométrica permite controlar que no se haya modificado ya que si la presión en frío se reduce puede significar que ha habido una fuga de fluido que hay que confirmar dando un aviso de fallo. Si la presión en frio aumenta puede ser un fallo del sistema de llenado.
4. El control de la presión de los circuitos es la forma de garantizar que las oscilaciones están dentro de los márgenes admitidos para evitar que ninguna parte del circuito esté en depresión, lo que evitará la entrada de aire, ni que se expulse fluido al exterior por aumento excesivo de la presión
5. Para realizar el control visual de la presión mínima se debe utilizar un manómetro con escala graduada situado en lugar visible y fácilmente accesible que permita las observaciones necesarias.
6. Para realizar el control automático de la presión es necesario utilizar un sensor de presión, o un presostato que, regulado a una presión algo inferior a la presión mínima pueda detectar que la presión es inferior a la presión mínima de llenado; el contacto producido se puede utilizar, además de para generar un aviso de fallo, para:

- Impedir el funcionamiento de la bomba de circulación que se puede quemar
- Poner en marcha el sistema de llenado si es del tipo automático.

10.4.2 Sistema de control

1. Para definir los indicadores que permiten vigilar del sistema de control se debe entender el funcionamiento de la instalación solar tanto en el calentamiento diario como en las condiciones extremas en las que deben intervenir los sistemas de protección.
2. En lo que sigue se hace referencia a condiciones de funcionamiento en las que el acumulador solar no ha alcanzado su temperatura máxima y está en condiciones de recibir más energía:

- Durante el modo automático, y en días soleados, el sistema deberá conectar la bombas en la mañana y desconectarlas por la tarde cuando baje el nivel de radiación solar; un buen indicador serían los tiempos de funcionamiento de las bombas de circulación y con un sencillo contador de horas de funcionamiento se podrían controlar bien los valores diarios o los valores medios diarios al cabo de periodos más largos (semanal, mensual, etc.).
- Cuando las condiciones meteorológicas no son del todo favorables, hay que tener en cuenta que si la radiación solar no es muy elevada o el acumulador solar no está muy frío, puede haber entre 2 ó 3 ciclos marcha-paro durante el tiempo de arranque por la mañana y de forma similar por la tarde. Asimismo, en días parcialmente nublados, es posible que se puedan producir varios ciclos de marcha-paro durante el día pero el número de ciclos de encendido y apagado no debería ser muy elevado.

3. Por otro lado, del sistema de control, serán indicadores de funcionamiento de los sistemas de protección para situaciones extremas:

- La protección contra sobrecalentamiento se produce cuando se alcanza la temperatura máxima del acumulador (normalmente sobre los 80-85°C) y se impide que siga la transferencia de calor, normalmente parando las bombas de circulación, ya que en caso contrario puede seguir aumentando la temperatura
- Si el sistema de protección antiheladas es por recirculación del primario, el indicador será la temperatura del colector que es muy baja (por ejemplo, 3ºC) deberá poner en funcionamiento las bombas de circulación.

4. Naturalmente sólo se plantean estos indicadores si se realiza la vigilancia automática de las actuaciones de los sistemas de protección. En el caso del termostato a la temperatura máxima del acumulador:

- Puede avisar de que se han alcanzado este valor y, aunque realmente éste no sea un fallo, puede ser interesante su control para analizar bajo rendimiento de la instalación por bajo consumo o por baja temperatura de consigna.
- También puede utilizarse este contacto para conectar un contador de horas que contabilice el tiempo que el acumulador está por encima de la temperatura máxima.

5. De forma similar a la temperatura máxima se podrá aplicar a la vigilancia del sistema de protección contra heladas avisando y/o registrando que se han sobrepasado los valores de consigna.

10.4.3 Circulación de fluidos

1. La circulación de fluido en el circuito primario es un dato que permite confirmar la evacuación de calor desde los colectores al intercambiador o al interacumulador.
2. Dado que normalmente será el sistema de control quién establezca las condiciones de funcionamiento, la vigilancia de la circulación en los sistemas forzados llevará consigo la observación, además de que el control actúa de forma correcta, que la bomba funciona y que el fluido circula. Los indicadores, igual que se ha reflejado para el sistema de control y si no hay otros condicionantes, serían los necesarios para vigilar que existe circulación durante todo el día. Los más fiables y utilizados son:
    - La medida directa del caudal que facilitan determinados dispositivos como rotámetros, válvulas de equilibrado o caudalímetros.
    - El salto de temperaturas entre entrada y salida de colectores o intercambiador
    - La diferencia de presiones a cada lado de las bombas

3. Los indicadores tienen distintos nivel de fiabilidad que es conveniente conocer para su mejor utilización y existen otros que, aunque sean menos fiables que los anteriores, podrían ser utilizados (por ejemplo, los interruptores de flujo, el ruido de la bomba y del fluido, la vibración de la bomba, etc.).
4. Los indicadores anteriores ofrecen diferentes posibilidades en relación con su aplicación para observación simple o para la supervisión con sistemas automáticos.
5. Los indicadores para el circuito secundario serían similares a los anteriores. En el circuito de consumo es conveniente tener la seguridad de que el caudal de consumo que atraviesa el acumulador solar pasa al sistema auxiliar y al consumo; la razón es vigilar posibles cambios de configuración involuntarios en aquellas instalaciones que se complican con muchas posibilidades de conexión. Por ejemplo, puede ocurrir que una instalación solar conectada al auxiliar mediante un bypass que se quede abierto y entonces existe un fallo en la circulación de agua caliente desde el acumulador hacía el sistema auxiliar; también se puede detectar si el acumulador alcanza la temperatura máxima mientras se tiene la certeza de que la edificación se encuentra ocupado y con consumo.

10.4.4 Transferencia de calor y temperaturas de funcionamiento

1. El principal indicador del buen funcionamiento de una instalación solar sería que la temperatura de agua del acumulador esté lo suficientemente caliente en días soleados aunque este dato, al estar muy influenciado por el consumo de agua caliente sanitaria, no es lo suficientemente descriptivo del correcto funcionamiento.
2. El mejor indicador del buen funcionamiento de la instalación es la diferencia entre la temperatura de salida de colectores y la de referencia del acumulador que debe estar comprendido entre 2 y 10 K (en determinadas instalaciones puede llegar hasta 20 K). Por encima de este valor la energía de los colectores ya no se está aprovechando adecuadamente y se puede considerar que existe un fallo.
3. Un control diferencial que detecte la diferencia entre la temperatura de colectores y la de referencia del acumulador puede dar una señal de aviso si la diferencia es superior a 15-20ºC o a la diferencia de temperaturas máxima que se establezca.
4. Es importante controlar flujos inversos y pérdidas térmicas por circulación natural nocturna producida desde el sistema de acumulación ya que podría aumentar significativamente el enfriamiento de los mismos. A estos efectos, los indicadores más importantes son las temperaturas en los circuitos conectados al acumulador: tanto las diferencias mantenidas en los circuitos de intercambiador como las temperaturas en la salida de agua caliente.

10.4.5 Medidas de la energía y del rendimiento

1. Aunque en algunos casos sólo sea necesario medir la energía aportada por la instalación solar, es evidente que los factores fundamentales que le afectan también son indicadores a vigilar, entre ellos el caudal de consumo de agua caliente y la temperatura de preparación de ACS.
2. Cuando sea necesario controlar la contribución solar se deben disponer, además y como mínimo, las mediciones de energía térmica necesarias para determinar la demanda bruta de energía que incluya las producidas por las pérdidas térmicas asociadas a la demanda de los circuitos de distribución y recirculación

10.5 PROGRAMA DE MANTENIMIENTO

1. El programa de mantenimiento ha de incluir todas las operaciones de mantenimiento necesarias para que el sistema funcione correctamente durante su vida útil. Podrán considerarse operaciones de mantenimiento preventivo y de mantenimiento correctivo.
2. El mantenimiento preventivo implicará operaciones de inspección visual (IV), control de funcionamiento (CF), verificación de actuaciones y otros, que aplicados a la instalación deberían permitir mantener dentro de límites aceptables las condiciones de funcionamiento, prestaciones, protección y durabilidad de la instalación.



3. El contrato de mantenimiento preventivo será acordado entre el usuario y la empresa mantenedora bajo la supervisión del RTI, y debería implicar, como mínimo, una revisión anual de la instalación.
4. Se describen las operaciones de mantenimiento preventivo que deben realizarse:

Equipo	**Descripción**
Colectores	IV sobre diferencias entre el original y entre colectores
Cristales	IV de condensaciones y humedad
Juntas	IV de agrietamientos y deformaciones
Absorbedor	IV de corrosión y deformaciones
Carcasa	IV de deformación, oscilaciones y ventanas de respiración
Conexiones	IV de aparición de fugas
Estructura	IV de degradación, indicios de corrosión y apriete de tornillos
Acumuladores	Presencia de lodos en el fondo
Protección catódica	Comprobación desgaste de ánodos de sacrificio o CF efectivo
Intercambiador de calor	CF efectivo y prestaciones: saltos de temperatura
Aislamiento del acumulador	Comprobar que no hay humedad
Protección al exterior	IV de degradación o indicios de corrosión
Intercambiador de Calor	CF efectivo y prestaciones: saltos de temperatura
Circuitos hidráulicos	IV fugas o manchas de humedad
Aislamiento en el exterior	IV degradación o presencia de humedad
Protección al exterior	IV de degradación o indicios de corrosión
Aislamiento en el interior	IV de uniones y presencia de humedad
Bomba circuladora	CF, estanqueidad y verificar caudal total en circulación
Purgador automático	Abrir válvula. CF y estanqueidad
Purgador manual	Vaciar aire de los botellines de purga
Sistema de llenado	CF efectivo
Vaso de expansión	Comprobación de la presión del lado aire
Válvula de corte	CF efectivo: abrir y cerrar para evitar agarrotamiento
Válvula de seguridad	CF efectivo: abrir manualmente para evitar agarrotamiento
Válvula termostática	CF efectivo y su ajuste: comparar temperaturas consigna y real
Fluido de trabajo	Comprobar densidad y pH. Verificar plan de renovación.
Elementos de medida	Evaluar los datos disponibles
Manómetro	Contrastar la medida con otro dispositivo
Termómetros	Contrastar la medida con otro dispositivo
Contadores caudal/energía	Registrar la medida y evaluar los datos
Sistema de Control	CF efectivo (man./autom.) (arranque y parada de bombas)
Termostato	CF efectivo
Sondas y sensores	Contrastar temperaturas de sensores con medidas directas
Sistema auxiliar	CF efectivo conexionado y control de temperaturas de consigna

5. El mantenimiento correctivo incluye las operaciones necesarias para resolver los problemas y averías que surgen e impiden el correcto funcionamiento de la instalación, generalmente son detectados durante el plan de vigilancia o el mantenimiento preventivo. Normalmente son operaciones relacionadas con la reparación o sustitución de componentes.

11. APLICACIONES DE USO INDUSTRIAL

11.1 PARTICULARIDADES PARA LAS APLICACIONES DE USO INDUSTRIAL

1. Estas condiciones particulares se refieren exclusivamente a instalaciones de calentamiento de agua de la red de abastecimiento, de pozo, de manantial, etc., que se empleen en ciclo abierto en cualquier proceso industrial.
2. El ciclo abierto supone que se interviene en un circuito de precalentamiento dónde no hay ningún tipo de recuperación de calor y se debería producir el calentamiento del agua desde una temperatura fría del orden de la temperatura ambiente.
3. No obstante, se recomienda, simultáneamente al estudio de la instalación solar, examinar la viabilidad de implantar ciclos de recuperación. La combinación de la recuperación de calor y la instalación solar puede proporcionar los mejores resultados.
4. El diseño, cálculo, montaje y características de los materiales deberían cumplir los requisitos establecidos por el proceso industrial.

11.2 CONDICIONES DE CONTORNO Y DATOS DE PARTIDA

11.2.1 Parámetros de uso.

1. Para la producción de agua caliente para procesos industriales se utilizarán los valores de consumo de agua y de temperatura de uso previstos en cada uno de los procesos.
2. Cuando el proceso industrial consista en varias demandas de agua caliente a distintas temperaturas habrá que considerar si el sistema de agua caliente utiliza un único sistema de preparación y mezcla con agua fría o son varios sistemas de preparación a las distintas temperaturas.

- Cuando el sistema de preparación es único, se considerará un único consumo de agua caliente referido a la temperatura del sistema de preparación.
- Cuando el sistema de preparación es múltiple, se considerarán cada uno de los consumos de agua caliente refiriéndolos a cada temperatura de preparación.

11.2.2 Las instalaciones convencionales de calentamiento.

1. Los sistemas convencionales de calentamiento que se utilicen deben garantizar las demandas de caudal a las temperaturas de diseño de todos los procesos industriales en los que se vaya a utilizar la instalación solar en las mismas condiciones que habría si ésta no existiera.
2. La incorporación de las instalaciones solares no debe afectar a ninguno de los aspectos relativos al funcionamiento de los sistemas convencionales de calentamiento utilizados en las instalaciones industriales.

11.3 CÁLCULO

11.3.1 Cálculo de la demanda de energía.

1. Cuando exista un único consumo a una única temperatura se determinará la demanda de energía de dicho proceso.
2. Para el dimensionado de la instalación solar se puede adoptar una temperatura de referencia inferior, se calculará la demanda de energía a esa temperatura y se reflejará que parte de la demanda de energía total representa.
3. Preferentemente, la temperatura de referencia debería ser lo más baja posible compatible con el proceso y con la tecnología utilizada
4. A los efectos de las ETUS, cuando la temperatura de utilización sea superior a 100ºC, la demanda de energía para el dimensionado de la instalación solar se realizará sobre una temperatura de referencia del agua de 100ºC en estado líquido.

5. Cuando el proceso industrial consista en varias demandas de agua caliente a distintas temperaturas, se determinará, además de la demanda total de energía, la demanda correspondiente a los distintos consumos con la misma temperatura de referencia.

11.3.2 Cálculo de la instalación solar.

1. A la demanda de energía térmica para producción de agua caliente calculada según los criterios del apartado anterior se le dará el mismo tratamiento indicado para las instalaciones de producción de ACS en el capítulo 07.
2. El cálculo de la instalación solar siempre se realizará para atender una única demanda a una determinada temperatura y no se contempla la preparación de agua a distintas temperaturas

11.3.3 Métodos de cálculo

1. Para el cálculo de la instalación de energía solar mediante el método simplificado f-chart se utilizará la temperatura de referencia establecida para el consumo de agua caliente.
2. El resultado obtenido con la aplicación de este método es la cantidad total de energía aportada por la instalación de energía solar sobre la temperatura de referencia siendo ésta una parte de la demanda total de lo que se dejará expresa constancia.
3. En el caso de programas de simulación y en función del mismo se podrán obtener aportes de la instalación a cada las distintas demandas en función de la configuración y las estrategias de control plateadas.

11.4 CONFIGURACIONES DE LAS INSTALACIONES

1. El acoplamiento de la instalación solar a la convencional siempre se realizará en serie en el sentido de consumo
2. No es factible el conexionado en paralelo de ambos sistemas de producción dado que no se podrá garantizar la continuidad del suministro a una determinada temperatura por parte de la instalación solar.
3. Podrá utilizarse cualquiera de las configuraciones básicas referidas en el capítulo 3.

11.5 DISEÑO Y DIMENSIONADO DE SISTEMAS Y COMPONENTES

1. Las características del agua exigidas por el proceso industrial no sufrirán ningún tipo de modificación que pueda afectar a aquel.
2. La selección del fluido de trabajo del circuito primario puede estar condicionada por la compatibilidad y los riesgos de contaminación admisibles en el proceso industrial.
3. No serán de aplicación las limitaciones de temperatura para protección de los usuarios especificadas.
4. No serán de aplicación los condicionantes previos en el diseño del sistema de energía de apoyo y este debería ser el requerido por el proceso industrial.
5. Se deberían establecer las temperaturas y presiones máximas de trabajo.



12. CALENTAMIENTO DE PISCINAS

12.1 PARTICULARIDADES SOBRE EL CALENTAMIENTO DE PISCINAS

1. En este capítulo se establecen los requisitos de diseño y cálculo que deben cumplir las instalaciones para calentamiento del agua de las piletas de piscinas cubiertas y climatizadas así como las instalaciones mixtas que sirven, además, para la producción de agua caliente sanitaria.
2. Se considera piscinas cubiertas y climatizadas aquellas que tienen el vaso de la piscina en el interior de un recinto cerrado que dispone de un sistema de tratamiento y acondicionamiento de aire interior. No se consideran, por tanto, el calentamiento de piletas de piscinas situadas al exterior o en el interior de recintos no climatizados.

12.2 CÁLCULO DE PISCINAS CUBIERTAS

1. El proyectista podrá utilizar otros parámetros y procedimientos contrastados y experimentados pero, para justificar el cumplimiento de las exigencias básicas de la normativa se adoptarán unas condiciones normalizadas de cálculo sobre la base de los siguientes criterios:
- Son únicas las condiciones higrotérmicas interiores.
- Se establece un único criterio de ocupación y uso
- La renovación de agua se realiza diariamente por razones higiénico-sanitarias.
2. Los parámetros y procedimientos que configuran las condiciones normalizadas son los que figuran en los apartados siguientes.
3. Estas condiciones normalizadas permiten homogeneizar la determinación de la demanda de energía, el cálculo de prestaciones de la instalación solar y definir el dimensionado mínimo que justifique la cumplimentación de la normativa aplicable.

12.2.1 Parámetros de uso.

1. Las condiciones higrotérmicas interiores para el cálculo son las siguientes:
- Temperatura del agua del vaso: 24ºC.
- Temperatura seca del aire del local: 26ºC.
- Humedad relativa: 70%
2. Las condiciones de uso son 0,20 bañistas por metro cuadrado de superficie del vaso de piscina durante 12 horas al día y ningún bañista ni uso durante las 12 horas restantes. Se supone que durante el periodo de no utilización la piscina dispone de una manta térmica. Se prevé el uso y funcionamiento durante todos los días del año con el mismo régimen que será el siguiente:
- arranque de las instalaciones convencionales a las 08.00 para la puesta a régimen de la piscina.
- desconexión de instalaciones a las 20.00 horas, durante la noche no se mantiene el calentamiento del vaso y se deja que la temperatura evolucione pero usando la manta térmica.
3. El consumo de agua de renovación o reposición es el necesario para compensar las pérdidas de agua que están producidas por la evaporación de agua, por arrastre y salpicaduras, por limpieza de fondos y filtros y por renovación higiénico-sanitaria del agua. La renovación diaria del agua de la piscina, salvo otra indicación expresa, será del 1% del volumen del vaso. Se realizará durante todos los días del año.
4. Como ya se indicó, los criterios anteriores son exclusivamente a efectos del cálculo de la demanda de energía para el dimensionado de la instalación solar pero el proyectista podrá utilizar los parámetros que considere oportunos para el diseño y cálculos de potencias de intercambio, caudales, etc. para el diseño de la piscina y para establecer las condiciones reales de funcionamiento de la piscina.

12.2.2 Demanda de energía.

1. La demanda de energía necesaria para el mantenimiento de la temperatura del agua del vaso de una piscina está constituida por las pérdidas térmicas con el entorno y por las necesidades de calentamiento del agua de renovación.



2. Las pérdidas térmicas en piscinas cubiertas están producidas por la evaporación del agua, por radiación hacia las paredes del recinto y por conducción a través de paredes y fondo del vaso:
- Las pérdidas por evaporación representan entre el 70 % y el 80 % de las pérdidas totales.
- Las pérdidas por radiación representan entre el 15 % y el 20 % de las pérdidas totales.
- Las pérdidas por conducción son despreciables.
3. Para el cálculo de las pérdidas energéticas en piscinas cubiertas, se utilizará la siguiente fórmula empírica:

$$P \text{ (en kW)} = (130 - 3 \cdot T_{AP} + 0{,}2 \cdot T^2_{AP}) \cdot (S_{VP}/1000)$$

Dónde T_{AP} es la temperatura del agua del vaso (°C) y S_{VP} es la superficie de la piscina (m^2)

4. Las pérdidas térmicas diarias del vaso (PT_{VP} en kWh) para las condiciones establecidas (T_{AP} = 24ºC y durante las 12 horas con manta térmica las pérdidas térmicas se reducen al 20% de las totales) se determinarán en función de la superficie del vaso (S_{vaso} en m^2) mediante la expresión:

$$PT_{VP} = 2{,}40 \cdot S_{VP}$$

5. A los efectos de las ETUS, la demanda de energía térmica correspondiente al agua de reposición (DE_{REP}) producida por las necesidades de renovación es la cantidad de energía necesaria para aumentar la temperatura de la masa de agua renovada (1% del volumen del vaso V_{VP}) desde la temperatura de entrada de agua fría (T_{af}) hasta la temperatura de uso (24ºC); las características del agua están representadas por su densidad ρ y por el calor específico c_p a presión constante y se calcula mediante la expresión:

$$DE_{REP} = 0{,}01 \, . \, V_{VP} \, . \, \rho \, . \, c_p \, .(24 - T_{af})$$

6. La demanda de energía diaria total de la piscina se puede estimar mediante la expresión:

$$DE_{VP} = PT_{VP} + DE_{REP} = 2{,}40 \cdot S_{VP} + 0{,}01 \, . \, V_{VP} \, . \, \rho \, . \, c_p \, .(24 - T_{af})$$

7. Cuando la piscina no disponga de manta térmica, no se considerará la reducción correspondiente las pérdidas térmicas diarias del vaso y la demanda de energía diaria total se calcularán mediante las expresiones:

$$PT_{VP} = 4{,}00 \cdot S_{VP}$$

$$DE_{VP} = PT_{VP} + DE_{REP} = 4{,}00 \cdot S_{VP} + 0{,}01 \, . \, V_{VP} \, . \, \rho \, . \, c_p \, .(24 - T_{af})$$

12.2.3 Cálculo de la instalación solar

1. En cualquier caso, la demanda térmica de una instalación de calentamiento del agua de piscina siempre se puede considerar como una instalación mixta que, por un lado, calienta el agua en el vaso de piscina para compensar PT_{VP} y, por otro, es un sistema para producción de agua caliente que atiende la demanda del agua de reposición DE_{REP}.
2. En el caso de una instalación solar para calentamiento del vaso de piscina y para producción de agua caliente sanitaria, la demanda total de energía térmica será la suma de las dos demandas:
   - La de energía térmica para el calentamiento del vaso de la piscina se obtendrá a partir del cálculo del apartado anterior ($PT_{VP} + DE_{REP}$).
   - La demanda de energía térmica para producción de agua caliente sanitaria se calculará según lo indicado en el capítulo 07.
3. El cálculo de la instalación solar siempre se realizará para atender ambas demandas y no se debe dimensionar una instalación para el calentamiento del vaso y otra para la producción de ACS.
4. Para el cálculo de la instalación de energía solar mediante el método simplificado f-chart se transformará la demanda de energía necesaria para el calentamiento de vaso en un consumo de agua caliente a la misma temperatura de referencia que el consumo de agua caliente sanitaria. Se podrá utilizar calculando un consumo diario de agua caliente a 45ºC $Q_{ACS}(45)$ equivalente calculado con la siguiente expresión:

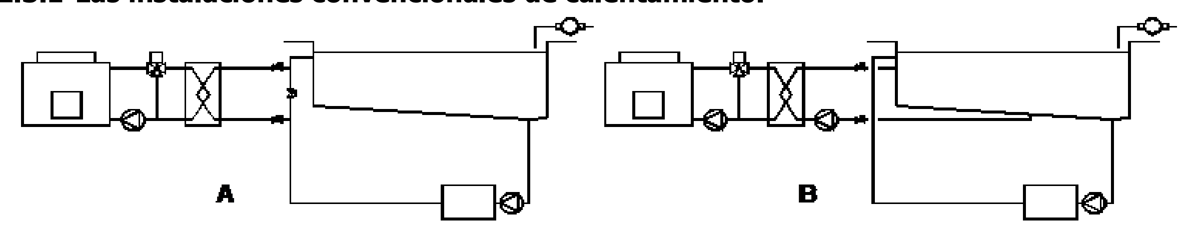
$$Q_{ACS}(45) = DE_{VP} / (45 - T_{AF})$$

5. El resultado obtenido con la aplicación de este método es la cantidad total de energía aportada por la instalación de energía solar, sin hacer distinción sobre la manera en la que se reparte entre las dos aplicaciones: agua caliente sanitaria y piscina.

6. En el caso de utilizar programas de simulación, y en función del que se trate, se podrán obtener aportes de la instalación a cada una de las demandas en función de la configuración y las estrategias de control plateadas.

12.3 CONFIGURACIÓN DE LAS INSTALACIONES

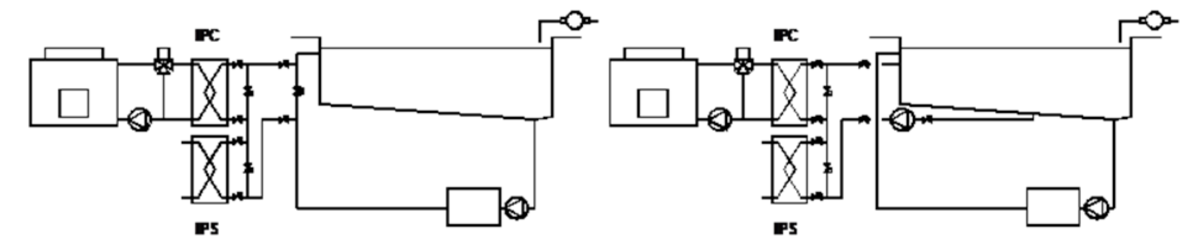
12.3.1 Las instalaciones convencionales de calentamiento.



1. La instalación convencional para realizar el calentamiento del vaso y climatizar el ambiente interior estará diseñada y calculada para dar la potencia necesaria para combatir todas las pérdidas térmicas calculadas independientemente del aporte de la instalación de energía solar.
2. A los efectos de la estrategia de funcionamiento, la instalación de climatización del ambiente interior y la de calentamiento del vaso se utilizarán de forma que se reduzca al máximo el consumo energético convencional del conjunto de las instalaciones.
3. Dado que el caudal necesario para el circuito de depuración es mucho mayor que el necesario para el circuito de calentamiento, el intercambiador donde se realiza el calentamiento del vaso se puede realizar en una derivación de la circulación del circuito de tratamiento y depuración (A) o en un circuito de circulación específica (B) y cada solución tiene sus ventajas e inconvenientes.
4. Es importante señalar que el caudal del circuito de piscina deberá ser lo suficientemente elevado como para que la temperatura de salida del mismo no produzca efectos en los materiales ni en los usuarios en la entrada al vaso de la piscina y la posición de las bocas de impulsión evitará que se produzca estratificación.

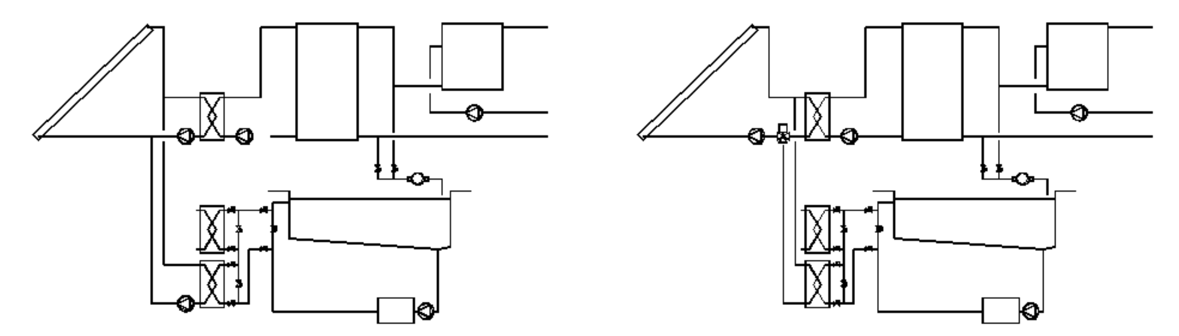
12.3.2 Configuración de la instalación solar

1. Para el calentamiento del vaso de la piscina, el acoplamiento de la instalación solar a la



convencional se realizará intercalando el intercambiador solar en el mismo circuito de calentamiento del agua de piscina y se podrá realizar en serie, y previo al intercambiador auxiliar de caldera, o en paralelo de ambos intercambiadores.
2. Si el calentamiento de piscinas se hiciera sólo calentando directamente el vaso, sólo se tendría la posibilidad de almacenar energía en el margen de temperaturas que permite las temperaturas de consignas y de confort de la misma; por eso es necesaria una determinada capacidad de acumulación:
- Cuando la potencia nominal de captación es superior a la de calentamiento del vaso, siempre es necesario utilizar un sistema de acumulación adicional a la propia piscina, para poder mantener las condiciones de confort en la misma.
- Si no se dispusiera el sistema de acumulación, la única posibilidad de almacenar energía es aumentar la temperatura de trabajo de la piscina.
3. La instalación solar, por tanto, deberá estar diseñada para aportar toda su potencia y energía a cualquiera de las dos demandas: agua caliente sanitaria y piscina.
4. La circulación del fluido en el circuito primario, cuidando el equilibrado entre los dos circuitos de demanda, se puede resolver:

- con una bomba para el campo de colectores y una válvula de tres vías que seleccione la demanda objetivo en función de la estrategia de control.
- con dos bombas, cada una de ellas acoplada a una de las demandas.



12.4 DISEÑO Y DIMENSIONADO DE SISTEMAS Y COMPONENTES.

1. A los efectos del sistema de captación, y de diseño del circuito primario, no hay diferencias entre instalaciones para calentamiento de piscinas y para agua caliente sanitaria.
2. La capacidad total de acumulación solar será la suma de los volúmenes necesarios para la producción de ACS y para el agua de reposición de la piscina. No será aplicable la limitación de la relación V/A del apartado 06.2.1.
3. Los intercambiadores solares para calentamiento del vaso se dimensionarán de forma que se pueda transmitir al secundario de piscina toda la potencia térmica del campo de colectores. Para el dimensionado se tendrá en cuenta los siguientes requisitos:
- La potencia de diseño será la definida por el campo de colectores según el apartado 06.3.1.
- El caudal nominal del circuito primario viene definido por el sistema de captación. Para diseño, se considerará una temperatura de entrada de primario del intercambiador de 50ºC.
- El caudal nominal del circuito secundario será siempre mayor que el del primario y será mejor el rendimiento de intercambio mientras mayor sea caudal. Se considerará una temperatura de entrada de 24ºC y se tendrá en cuenta que la temperatura de salida del fluido del circuito secundario no podrá ser superior a 40ºC.
4. Si el esquema de funcionamiento de la instalación es con derivación del circuito de depuración, la mezcla del caudal de depuración con el de calentamiento proporcionará una temperatura de impulsión que no supere en más de 5ºC la temperatura de consigna del vaso.

12.4.1 Particularidades de los circuitos

1. El circuito secundario de calentamiento de piscina se realizará siempre con los materiales plásticos habitualmente utilizados en piscinas climatizadas.
2. Como ya se indicó, las tuberías del circuito secundario solar deben soportar las temperaturas y presiones extremas del circuito.
3. Los intercambiadores pueden ser de placas o tubulares y se adoptarán especiales precauciones con la calidad de los aceros inoxidables de los intercambiadores y, en el caso de calentamiento de piscinas de agua salobres o tratada con sales los intercambiadores de calor serán de titanio.

12.4.2 Sistema de control

1. Dado que las temperaturas de funcionamiento de los secundarios de los dos intercambiadores pueden ser distintas, las condiciones de funcionamiento del primario pueden sufrir variaciones bruscas, por lo que los cambios entre unas condiciones de trabajo y otras deberían estar organizadas según una correcta estrategia de control.
2. Las estrategias de control que pueden implantarse son alguna de las siguientes:
- Prioridad agua caliente sanitaria: sólo se desviará energía solar hacia la piscina cuando se garantice un aporte mínimo para agua caliente sanitaria.
- Prioridad máximo aprovechamiento energético: se utilizará la energía solar siempre en la aplicación con temperatura de trabajo menor.



13. DOCUMENTACIÓN Y FORMATOS

13.1 DOCUMENTACIÓN DE PROYECTO

1. La documentación de proyecto tiene por objeto dejar constancia expresa de la solución adoptada para un determinado programa de necesidades propuesto por un promotor o un usuario y debe contener la información necesaria y suficiente para que un tercero pueda interpretarla.
2. En función de las actuaciones a desarrollar con la documentación y de las características de la instalación, se puede establecer diversos niveles de proyecto:
   - **A**nteproyecto
   - Proyecto **B**ásico
   - Proyecto **C**ompleto
   - Proyecto **D**etallado
   - Proyecto **E**jecutado
3. El proyecto de la instalación solar térmica debe ser realizado por un Responsable Técnico de Instalaciones (RTI) que tendrá la capacidad de decidir y justificar todos los contenidos de la documentación relativa a una instalación solar térmica.
4. Cuando el proyecto de la IST forme parte de otro mayor como, por ejemplo, cuando se trata de un proyecto de construcción completo, es imprescindible la coordinación del proyecto de IST con el resto de instalaciones y con el de la edificación.

13.1.1 Memoria técnica

1. La MT es el documento que resume e incluye toda la información que debe haberse considerado en el desarrollo de un proyecto y deberá ser utilizada para todos los niveles de proyecto
2. La cumplimentación de la MT exigirá haber definido, calculado, decidido y establecido todo lo referente a la instalación solar.
3. En la propia MT se establecen los anexos que se deben incluir y completan la definición del proyecto de la instalación:
   - Documentos anexos para justificar las sombras (DA1), las soluciones estructurales (DA2) y los cálculos hidráulicos y térmicos (DA3).
   - Informes de ensayo de sistemas prefabricados (IE1) colectores (IE2), acumuladores (IE3), según sean de aplicación. Mientras no se disponga de informes de ensayo se utilizará la información que acredita el cumplimiento de los requisitos provisionales y adicionales que se hayan establecido.
   - Fichas técnicas de componentes (F01 a F19) y Manuales de Instalación (MI)
   - Planos y esquemas (P1 a P9)
4. La MT se puede utilizar como documento guía para el propio proyectista o para que un tercero, supervisor de proyecto, de control de calidad, técnico de la Administración, etc., pueda llevar a cabo la revisión del mismo.
5. Se ha definido un formato para la MT de la instalación solar que se incorpora en el apartado 13.2

13.1.2 Contenidos de los proyectos

1. Se describen los objetivos y los contenidos que deben ser incluidos en cada uno de los distintos niveles de proyecto.

A) Anteproyecto

1. El anteproyecto de una instalación solar térmica recoge la información necesaria para poder estudiar la viabilidad técnica y/o económica de la misma.
2. El anteproyecto, al menos y cuando proceda, debe incluir:

- Condiciones de contorno y datos de partida: parámetros climáticos y de consumo
- Dimensionado básico: superficie de colectores y volumen de acumulación
- Cálculo de prestaciones energéticas:
  - Demanda y aporte solar térmico en base mensual
  - Contribución solar



   - Consumo de energía final de apoyo, de energía primaria y emisiones evitadas.
- Soluciones generales, incluso indicando si hubiera diversas opciones, para:
   - Ubicación y espacio ocupado por el campo de colectores.
   - Ubicación del sistema de acumulación
   - Disponibilidad del sistema de apoyo
   - Otros datos y condicionantes que se puedan establecer: ideas de las posibles soluciones estructurales, etc.
- Datos económicos:
   - Presupuesto: costo de inversión global estimado
   - Coste de la energía de apoyo y valor del ahorro energético producido
   - Parámetros de rentabilidad: amortización, VAN, TIR, etc.

B) Proyecto Básico

1. El proyecto básico recoge la información suficiente para definir las características técnicas generales de una instalación aportando los criterios a considerar para la elaboración de un proyecto completo
2. Puede ser utilizado como base técnica de una licitación, para definir la preinstalación correspondiente y también puede ser suficiente para determinadas gestiones administrativas. Se puede usar como fase previa del proyecto completo y se puede utilizar para comparar soluciones y ofertas económicas.
3. El proyecto básico recoge la información de diseño y cálculo que se define pero no contiene selección de todos los componentes, ni justificación de soluciones adoptadas ni definición de los detalles constructivos que no estén incluidos en las previsiones de obras e instalaciones.
4. El proyecto básico, como mínimo, contendrá:

- Memoria Técnica en la que no serán obligatorios y se podrán excluir: las condiciones de operación que no afectan a los circuitos de interconexión entre campo de colectores y sala técnica, el diseño de los circuitos hidráulicos internos del campo de colectores y de la sala técnica, el diseño del sistema de intercambio, de los sistema de expansión, los detalles del sistema eléctrico y de control y las especificaciones de componentes.
- Planos: Serán necesarios los planos indicados para el proyecto completo pero con nivel de detalle y de acabados suficiente para el objetivo que se pretenda. En cualquier caso, son imprescindibles la ubicación, orientación y obstáculos de la edificación, medidas y espacios ocupados por colectores y sala técnica, trazados generales de las líneas de interconexión.
- Pliego de Condiciones: como mínimo se hará referencia al cumplimiento de las ETUS.
- Mediciones o lista de materiales: según se requiera.
- Presupuesto que tiene que tener el nivel de desglose que se le exija para el objetivo que se plantea En determinados casos puede ser suficiente una estimación de presupuesto global.

C) Proyecto Completo

1. El proyecto completo tiene el nivel de definición necesario para que un tercero, normalmente el instalador, pueda ejecutarla sin necesidad de otra información adicional. El proyectista debe tener en cuenta que todo lo que no esté definido en un proyecto se está dejando libertad al criterio del instalador en su ejecución
2. Los contenidos del proyecto completo serán distribuidos en Memoria Descriptiva y Anexos de Cálculo, Planos, Pliego de Condiciones y Mediciones y Presupuesto y, además de satisfacer los requerimientos de la propiedad, como mínimo contendrá:
3. MEMORIA DESCRIPTIVA

- Memoria Técnica totalmente cumplimentada con toda la información que describe la instalación
- Información complementaria a la MT que puede ampliar, explicar, comentar y documentar toda la información recogida en la MT: las bases de partida, los criterios de diseño, justificaciones de cálculo o de soluciones adoptadas, etc.
- Criterios de selección de todos los componentes de la instalación, o componentes seleccionados como referencias, con justificación de los criterios empleados en base al cumplimiento del dimensionado de los distintos sistemas y requisitos mínimos adicionales que se quieran establecer.



4. ANEXOS DE CÁLCULO
- El cálculo de sistemas y componentes incluirá: potencias, caudales y salto térmico del campo de colectores; características del intercambiador; caudales en circuitos, diámetros de tuberías y pérdidas de carga; características de las bombas de circulación; temperaturas y presiones de trabajo en todos los circuitos; cálculo del sistema de expansión, cálculo de la potencia eléctrica.
- El cálculo de prestaciones energéticas incluye, además de definir todos los parámetros climáticos, de uso y funcionales y los resultados del cálculo tanto en base mensual como los globales anuales. En los resultados se incluye: la demanda de energía, el aporte solar, la contribución solar y el rendimiento medio anual. Cuando sea necesario, se aportará el cálculo de las pérdidas térmicas de la instalación.

5. PLANOS
- Emplazamiento edificio, colectores y sala técnica. Orientación, obstáculos y sombras
- Ubicación de colectores (separaciones, distancias entre ellos y a obstáculos, accesos)
- Distribución sala técnica y situación acumulación, intercambio, bombas, expansión y control
- Circuitos y trazado circuitos, diseño y situación componentes (v corte, seguridad, purga, …)
- Complementos hidráulicos: sistema de sistemas de llenado, purga y vaciado. Sistema de medida
- Sistema de energía auxiliar. Integración y conexión con las restantes instalaciones del edificio
- Esquema de funcionamiento completo. Diagrama o esquema de principio
- Esquema eléctrico y de control. Detalles de posición de sondas y elementos de campo
- Diseño de estructura y sujeción de colectores y acumuladores. Soportes y detalles constructivos

6. PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS
- Recoge los requisitos que deben cumplir todos los componentes y materiales, como se deben instalar y como deben funcionar.
- Podrán hacer referencia directa a las ETUS, podrá transformar requisitos voluntarios en obligatorios o podrá establecer requisitos más exigentes.

7. MEDICIONES Y PRESUPUESTO
- Las mediciones y el presupuesto deben recoger, al menos, la descripción de las unidades de obras que se establecen incluyendo las especificaciones mínimas de todos los componentes.

D) Proyecto Detallado

1. El proyecto detallado es complementario al proyecto completo al incorporar todos los detalles de la empresa instaladora en todos aquellos aspectos que no estén lo suficientemente definidos en el proyecto completo.
2. Se incluirá la definición completa de marcas, modelos y tipos de todos los componentes que se vayan a instalar y no hayan sido definidos en el proyecto completo.
3. Es un requisito previo al montaje de la instalación y supone la definición y aprobación por parte del RTI de todos los materiales y accesorios que se va a instalar para que puedan ser conocidos todos los detalles de la instalación y su montaje; debe haber una definición única.
4. Cualquier modificación introducida en el proyecto detallado, en relación con el proyecto completo debe estar debidamente justificada y nunca reducirá los niveles de eficiencia y calidad de aquel.
5. Por todo ello, en el proyecto detallado deben estar definidos los mismos conceptos que en el proyecto completo

E) Proyecto Ejecutado

1. Es el documento de proyecto que recoge el resultado final de la instalación realmente ejecutada; reflejará las posibles modificaciones que se hayan podido realizar sobre el proyecto detallado. El contenido del proyecto es el mismo que el del proyecto detallado y se completa con la relación de todos los materiales y equipos empleados, indicando fabricante, marca y modelo.
2. Se adjuntará siempre al Manual de Instrucciones (MI) de la instalación
3. El proyecto ejecutado es el documento que se utilizará para la inspección de la instalación realizada.



13.2 FORMATOS RECOMENDADOS

13.2.1 Memoria técnica

MEMORIA TÉCNICA - DISEÑO Y CÁLCULO DEL SISTEMA SOLAR TÉRMICO	REF.:	

1 DATOS GENERALES Y ANTECEDENTES

Propietario o represen-tante		Nombre				C.I.	
		Nombre Comercial y Razón social				RUT	
		Domicilio calle y número		Ciudad		C.P.	
		Correo electrónico		Dpto		Tlf	
RTI	Reg DNE	Nombre				C.I.	
		Domicilio calle y número		Ciudad		C.P.	
		Correo electrónico		Dpto		Tlf	
Proyecto		Nombre del proyecto				Dpto	
		Calle y número		Ciudad		C.P.	
		Nº de padrón		Nº Carpeta Catastral			

Localización proyecto		Latitud		Longitud					
Edificación		Nueva		Existe		Reforma			
Instalación ACS y red sanitaria		Nueva		Existe		Reforma			
Sistema de energía auxiliar		Nueva		Existe		Reforma			
Tipo de proyecto	Antepro		Básico		Completo		Detallado		Ejecutado

2 DATOS DE PARTIDA: PARÁMETROS DE USO Y CLIMÁTICOS

Tipo de edificación		Viviendas	Dormit./ vivienda	1D	2D	3D	4D
Número de viviendas			Nº de viviendas				
Factor de centralización (FC)			Personas / dormit.				
Número total de personas			Ocupación total				
Consumos unitarios (l/p.d)			¿Se usan otros valores y se justifican?		Si		No
Temperaturas (ºC) referencia:		uso:		distribución:		preparación:	
Consumo diario (l/d)			Estacional E?		Varia ocup?	Si	No
Fuente datos: Radiación:		Fact R:		T ambiente:		T agua fría:	
Variables cálculos radiación:	Orientación (º):		Inclinación (º):		Pérdidas sombras (%)		
Datos para cálculo piscina:	Largo (m)		Ancho (m)		Profundidad media (m)		
Superficie (m^2)	Volumen (m^3)		Pérdidas térmicas anual del vaso (kWh/año)				
Consumo diario agua reposición a 24ºC (l/d)			Demanda térmica agua reposición (kWh/año)				

3 PARÁMETROS FUNCIONALES

	Ref. autorización	Marca	Modelo	Número	Unidad	Total
Superficie de captación (A en m2)						
Vol acumulación solar (V en litros)						
Relación volumen/area					V/A (l/m2)	
Coeficientes del colector		η_0		a_1		a_2
		FR(Ta)		FRUL		MAI

Dimensionado de circuitos	Q total	Conex.	Qesp col	Qesp ins	Calor esp	Densidad	Cap cal	Cap cal es
Efectividad interc.:	l/h	P=1, S=2,..	l/h.m2	l/h.m2	J/kg.K	kg/litro	W/K	W/m2.K
Circuito primario								
Circuito secundario								

4 RESULTADOS DEL CÁLCULO DE PRESTACIONES ENERGÉTICAS

Sólo ACS		ACS y piscina		Método de cálculo utilizado y versión	

	OCU	TAF	RAD	TAMB	CONSU	DE TOT	FS	APORTE	REN	AS UNI.
	%	ºC	MJ/m2.d	ºC	litros/día	MJ	%	MJ	%	MJ/m2.d
ENE										
FEB										
MAR										
ABR										
MAY										
JUN										
JUL										
AGO										
SEP										
OCT										
NOV										
DIC										
MED/TOT										
Resumen										
			kWh/m2		m3	kWh	%	kWh	%	kWh/m2

5 CONFIGURACIÓN

Tipo de sistema solar térmico	Prefabricado	A medida	
Circulación	Termosifón	Forzada	
Intercambiador	Indirecto interno	Indirecto externo	
Contacto con la atmósfera del primario	Cerrado		
Fluido y drenaje del circuito	Lleno	Drenaje interior	
Acoplamiento entre colector y acumulador	Compacto	Integrado	Separado/Partido
Sistema de apoyo	Solamente solar	Precalent solar	
Referencia de la certificación o autorización del SSP			
Marca de sistema solar prefabricado SSP			
Modelo y referencia de tamaño			
Referencia y disponibilidad del informe de ensayo		Si	No
Referencia y disponibilidad manual de instalación		Si	No
Número(s) de serie de fabricación			
Número de equipos SSP de la instalación (uds)			

6 CONDICIONES DE OPERACIÓN

Fuente para definir temperatura estancamiento	Del Informe de ensayo	Establecida por fabricante
Temperatura de estancamiento del colector (ºC)		
Temperatura de preparación del sistema de apoyo (ºC)		

	PRI.EST	PRI.VAP	PRI.RES	SEC	CON	DISyREC
Temperatura máxima (ºC)						

	PRI.EXT	PRI.INT	SEC.EXT	SEC.INT	CON.EXT	CON.INT
Temperatura mínima (ºC) ___ A soportar (ºC)						
Altura (m.) entre parte superior (sup) e inferior (inf)	PRI:		SEC:		CON:	

	PRI-sup	PRI-inf	SEC-sup	SEC-inf	CON-sup	CON-inf
Componente crítico para definir presión máxima						
Presión máxima (bar) del componente crítico						
Presión nominal (bar) = tarado válvula seguridad						
Presión máxima (bar)						
Presión mínima (bar)						

Acción combinada temperatura/presión	Mat. Plástico	Temp (ºC)	Pres (bar)
Adopta medidas que evitan flujo inverso	En circuito:	En conexiones:	En entrada fría:



Medidas adoptadas						
Se adoptan medidas para evitar quemaduras usuario		Temp uso < 60ºC:		Evacua fluidos:		Superficies >80ºC:
Medidas adoptadas						
Seguridad intrínseca frente a altas temperaturas		Forma vapor:		Impide vapor:		Drenaje automat:
Medidas adoptadas						
Sistemas de protección frente altas presiones		Primario:		Consumo:		Válvula TP:
Medidas adoptadas						
Otros sistemas de protección relativas a presiones		Depre altura acumulador:		Depre acumula doble envolvente:		Pres dif intercambio:
Medidas adoptadas						

7 FLUIDOS DE TRABAJO

Sistema de protección contra heladas		Anticongelante		Drenaje interior	
Tipo de fluido en circuito primario		Mezcla propilen.		Agua de red	
Características del agua		Con datos		Adjunto informe	
Características del anticongelante		En Ficha Téc		Sin datos	
Sistema de preparación mezcla del fluido del primario		Depósito fijo		Depósito móv	
Sistema de llenado del circuito primario		Por gravedad		Bomba móvil	
Control de proporción de mezcla		Plan manten.		Automático	

Proporción de mezcla (%)		Punto de congelación de la mezcla (ºC)			
Calor específico de fluidos (J/kg.K)		Agua		Fluido primario	
Densidad de fluidos (g/cm3)		Agua		Fluido primario	

8 SISTEMA DE CAPTACIÓN

Referencia de la certificación o autorización							
Marca de colector							
Modelo y ref. tamaño							
Referencia y disponibilidad del informe de ensayo					Si		No
Referencia y disponibilidad manual de instalación					Si		No
Número(s) de serie de fabricación							
Superficie de apertura del colector (m2)							
Caudal de ensayo (l/h.m2) y límites de validez		Mín			Máx		
Coef. rendimiento. Factor óptico η0					FR(Ta)		
Coef. rendimiento. Factor de pérdidas a1					FRUL		
Coef. rendimiento. Factor de pérdidas a2					MAI		
Número de colectores (uds.)		Iguales?		Si		No	
Superficie de apertura total (m2)							
Potencia total nominal (kW)							
Caudal total circuito primario (l/h)							
Conexionado en paralelo (1) o serie (2,3,…)							
Caudal específico en el colector (l/h.m2)		rango?		Si		No	
Caudal específico en la instalación (l/h.m2)							
Número de colectores por batería					Máximo recomendado		
Número de baterías por grupo							
Número de grupos de baterías de colectores							
Todas las baterias y grupos de colectores son iguales		Si	Describir:				No
Solución adoptada para equlibrado		Si	Describir:				No
Control equilibrado a largo plazo		Si	Describir:				No
Previsión válvulas por grupo: corte y seguridad		Si	Describir:	Ver plano …			No
Orientación (¿la misma para todos?)		misma?		Si		No	
Inclinación (¿la misma?) y limites fabricante		misma?		Si		No	



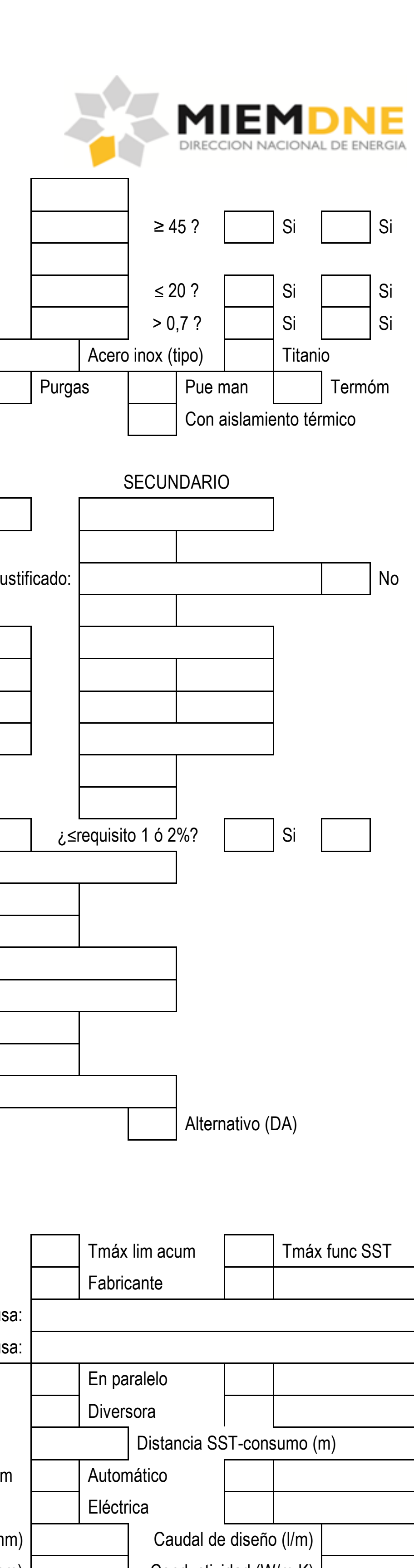
Informe de sombras	Si	Describir:				No
Cálculo de las pérdidas por sombras (%)		Cumple requisitos geométricos		Si		No
Exoneración justificada por zonas en sombra	Si	Describir:				No
Proyecto estructural	Si	Describir:				No
Sistema sujeción colectores descrito en manual fabricante	Si	Describir:				No
Protección exterior estructura	Si	Describir:				No

9 SISTEMA DE ACUMULACIÓN

Referencia de la certificación o autorización						
Marca de acumulador						
Modelo y referencia a tamaño						
Referencia y disponibilidad del informe de ensayo				Si		No
Referencia y disponibilidad manual de instalación				Si		No
Número(s) de serie de fabricación						
Volumen unitario (litros)						
Número de acumuladores (uds.)		¿Iguales:?	Si	No		
Volumen total (litros)		Composición:				
Relación Volumen/Area de colectores (litros(m2)		¿ V/A ≥ 60 ?	Si	No		
Conexionado de varios acumuladores	Serie		Paralelo			
Para conexión en paralelo, se adopta solución de equlibrado	Si	Describir:				No
Ubicación	Interior		Exterior		Mixta	
Proyecto estructural de acumuladores (en DA2)	Si	Describir:				No
Ejecución del aislamiento y protección	Fábrica		In situ			
Tipo y material de aislamiento acumulador						
Conductividad térmica del aislamiento al exterior (W/m.K)						
Espesor aislamiento acumulador (mm.)		¿ ≥ 50 mm. ?	Si	No		
Protección y acabado exterior del aislamiento						
Tipo de intercambiador para ACS	Interno		Externo			
(IA) Área útil del intercambiador interno (m2)						
(IA) Área específica (m2/m2) intercambiador interno		¿ ≥ 0,2 ?	Si	No		

10 SISTEMA DE INTERCAMBIO

Tipo de intercambiador externo	Placas		Tubular			
Seleccionado marca, modelo y tamaño	Si	Describir:				No
Referencia y disponibilidad manual de instalación				Si		No
Caracteríticas del intercambiador	Diseño	Selec.		¿Es adecuado?		Si
Potencia de diseño intercambiador (kW)				Diseño		Selec
Potencia unitaria (W/m2)			≥ 525 ?	Si		Si
Calor especifico fluido primario (J/kg·K)						
Densidad fluido primario (kg/l)						
Capacidad calorífica del primario (W/K)			= sec ?	Si		Si
Caudal del circuito primario (l/h)			dif < 10% ?	Si		Si
Salto de temperaturas de diseño (K)						
Temperatura de entrada (ºC)			= 50 ?	Si		Si
Temperatura de salida (ºC)						
Capacidad calorífica específica (W/m2.K)						
Pérdida de carga primario (kPa)			≤ 20 ?	Si		Si
Calor especifico fluido secundario (J/kg·K)						
Densidad fluido secundario (kg/l)						
Capacidad calorífica del secundario (W/K)						
Caudal del circuito secundario (l/h)						



Salto de temperaturas de diseño (K)				
Temperatura de salida (ºC)			≥ 45 ?	Si / Si
Temperatura de entrada (ºC)				
Pérdida de carga secundario (kPa)			≤ 20 ?	Si / Si
Efectividad del intercambiador			> 0,7 ?	Si / Si
Material en contacto con el ACS	Cobre	Acero inox (tipo)	Titanio	
Accesorios de instalación para sistemas con A > 100 m2	V. corte	Purgas	Pue man	Termóm
Tipo de instalación del intercambiador	Desmontable		Con aislamiento térmico	

11 CIRCUITOS HIDRÁULICOS

	PRIMARIO	SECUNDARIO	
Material de las tuberías			
Diámetro máximo de la tubería (pulgadas o mm.)			
Verificada velocidad y pérdida de carga en tuberías	Si	Justificado:	No
Cantidad de circuitos en paralelo			
Criterio de equilibrado			
Caudal total diseño y de la bomba (l/h)			
Pérdida de carga total y presión de la bomba (mca)			
Marca, modelo y tamaño de bomba seleccionada			
Número de bombas en el circuito (uds.)			
Potencia eléctrica de la bomba (W)			
Suma de potencias eléctricas (pri + sec) (W) y % sobre total		¿≤requisito 1 ó 2%?	Si
Tipo y material de aislamiento de tuberias al exterior			
Conductividad térmica del aislamiento al exterior (W/m.K)			
Espesor aislamiento al exterior para tub mayor diá. (mm.)			
Protección y acabado del aislamiento exterior			
Tipo y material de aislamiento de tuberias al interior			
Conductividad térmica del aislamiento al interior (W/m.K)			
Espesor aislamiento al interior para tub mayor diá. (mm.)			
Protección y acabado del aislamiento al interior			
Procedimiento definición de aislamiento	Simplificado	Alternativo (DA)	

12 CIRCUITO DE CONSUMO (INSTALACIÓN SANITARIA)

Temperatura máxima de salida del SST (ºC)				
Temp. máxima del SST regulada por:	VMT en SST	Tmáx lim acum	Tmáx func SST	
Temp máxima establecida por:	Ensayo	Fabricante		
Temp máxima soportada por SEA (ºC)	Causa:			
Temp máxima soportada por circuito hasta SEA (ºC)	Causa:			
Tipo de conexión entre SST y SEA	En serie	En paralelo		
Si serie: protección de la conexión del SEA	VMT en SST	Diversora		
Si paralelo: justificar tipo de conexión	SEA no admite	Distancia SST-consumo (m)		
Si paralelo: forma conmutar SST-SEA	Manual con term	Automático		
Posibilidad desconexión SEA	Hidráulica	Eléctrica		
Diseño de la conexión de agua fría y caliente	Diámetro (mm)	Caudal de diseño (l/m)		
Aislamiento en la conexión de agua caliente	Espesor (mm)	Conductividad (W/m.K)		
Efectos pérdidas de carga diferenciales en consumo	Si	Describir:	No	
Presiones de la red de alimentación (bar)	Máxima	Nominal	Mínima	
Para limitar presión circuito consumo	Expansión	Válvula TP		
Válvulas en acometida fría a SST	Corte	Seguridad	Retención	
Válvulas de vaciado y purga	Si	Describir:	No	
Previsión escapes conducidos visibles y seguros	Si	Describir:	No	
Compatibilidad materiales para circuito ACS	Si	Describir:	No	



13	**SISTEMA DE EXPANSIÓN**	PRIMARIO				SECUNDARIO			
	Presión de trabajo máxima del sistema de expansión (bar)								
	Presión de trabajo mínima del sistema de expansión (bar)								
	Criterio de protección por seguridad intrinseca								
	Volumen de reserva (litros)								
	Volumen total del circuito (litros)								
	Coeficiente de expansión térmica								
	Volumen de dilatación (litros)								
	Volumen de vapor (litros)								
	Volumen útil del sistema de expansión (litros)								
	Coeficiente de presiones		>2		No		>2		No
	Volumen total calculado (litros)								
	Número de vasos seleccionado (uds.)								
	Volumen unitario nominal del vaso seleccionado (litros)								
	Volumen total del sistema de expansión (litros)								
	Marca y modelo								
	Presión nominal del vaso de expansión (bar)								
	Presión de precarga del gas sistema de expansión (bar)								
	Ramal de conexión al circuito								
	Instalado junto a válvula de seguridad y manómetro								

14	**SISTEMA DE MEDIDA**								
	Medidas de presión		Manómetro		Sens presión				
	Medidas de temperatura		Termómetro		Sens temp				
	Medidas de caudal		Caudalímetro		Rotámetro				
	Medidas de energía		Contador		Integrado				
	Medidas de radiación		Piranómetro		Célula calibra				
	Configuración considerada		C1		C2		C3		C4
	Sensores obligatorios		Previstos						
	Sensores recomendados		Total		Parcial				
	Equipamiento mínimo		Manómetro		Temp int acu				
	Sistema de monitoreo								

15	**SISTEMA DE ENERGÍA AUXILIAR O DE APOYO**								
	Aplicación del aporte de energía auxiliar		Individual		Centralizado				
	Forma de aporte de energía auxiliar		Acumulación		Instantáneo				
	SEA con acumulación		Calefón		Acum + cald				
	SEA instantáneo		Calentador		Cald mixta				
	Energía de apoyo		Eléctrica		GLP				
	Marca y modelo del sistema de auxiliar								
	Referencia y disponibilidad de informe de ensayo						Si		No
	Referencia y disponibilidad manual de instalación						Si		No
	Número y potencia de generadores calor	Uds		kW		Tot. (kW)			
	Número y potencia de intercambio auxiliar (kW)	Uds		kW		Tot. (kW)			
	Número y volumen de acumulación auxiliar (litros)	Uds		litros		Tot. (litr.)			
	Condiciones funcionamiento del SEA si es existente								
	Rango regulación temperatura salida (ºC)	Mín		Máx					
	Temperatura de preparación (de seteo) (ºC)		Criterio:						



16 SISTEMA ELÉCTRICO Y DE CONTROL

Marca y modelo del sistema de control			
Referencia y disponibilidad del informe de ensayo		Si	No
Referencia y disponibilidad manual de instalación		Si	No
Posición de sondas en esquema	Si	No	
Estrategia de control	Maximizar solar	Minimizar auxiliar	
Tipo control bomba primario	Diferencial prim	Crepuscular	
Tipo control bomba secundario	Simultáneo prim	Diferencial secun	
Valores de seteo del diferencial temp	Paro si < (ºC)	Marcha si > (ºC)	
Señalización visible	Alimentación	Funcionamiento	
Funcionamiento automático y manual	Automático	Man conecta	Man desconec
Limitación temp máxima en acumulador (ºC) y actuación	Si	Act:	No
Limitación temp máxima en primario (ºC) y actuación	Si	Act:	No
Limitación temp mínima en primario (ºC) y actuación	Si	Act:	No
Otro control y actuación	Si		No

17 ESPECIFICACIONES DE COMPONENTES

		TMÁX		PMAX				
		PRI	SEC	PRI	SEC	EXT	FLU	ACS
F01	Sistema prefabricado							
F02	Colector Solar							
F03	Acumulador solar							
F04	Intercambiador de calor							
F05	Bomba primario							
F06	Bomba secundario							
F07	Fluido de trabajo							
F08	Aislamiento tuberías. Protección ext							
F09	Vaso de expansión							
F10	Válvula de corte							
F11	Válvula de equilibrado							
F12	Válvula de retención							
F13	Válvula de seguridad							
F14	Sensores equipo de control							
F15	Sensores sIstema de medida							
F16	Tubería material plástico							
F17	Válvula seguridad TP							
F18	Válvula mezcladora							
F19	Sistema de energía auxiliar							
	Cumplimiento de requisitos							

18 PLANOS Y ESQUEMAS

P1	Emplazamiento edificio, colectores y sala técnica. Orientación, obstáculos y sombras
P2	Ubicación de colectores (separaciones, distancias entre ellos y a obstáculos, accesos)
P3	Distribución sala técnica y situación acumulación, intercambio, bombas, expansión y control
P4	Trazado de circuitos hidráulicos, diseño y situación componentes (v corte, seguridad, purga, …)
P5	Complementos hidráulicos: sistema de sistemas de llenado, purga y vaciado. Sistema de medida
P6	Sistema de energía auxiliar. Integración y conexión con las restantes instalaciones del edificio
P7	Esquema de funcionamiento completo. Diagrama o esquema de principio
P8	Esquema eléctrico y de control. Detalles de posición de sondas y elementos de campo
P9	Diseño de estructura y sujeción de colectores y acumuladores. Soportes y detalles constructivos



13.2.2 Ficha Técnica de sistemas prefabricados

FICHA TÉCNICA DE SISTEMA PREFABRICADO						**Referencia FT:**		**SP-NF-XXX**	
1	**DATOS GENERALES DEL SUMINISTRADOR**								
	Nombre comercial		☐	Fabricante	☐	Importador	☐	Distribuidor	
	Razón social								
	RUT								
	Domicilio legal	Dirección							
		Localidad							
		Departamento							
	Contacto	Teléfono							
		Fax							
		Correo							
	Responsable Técnico del Equipamiento								
	Cédula de identidad del RTE								
2	**DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO SOLAR**								
	Marca del equipo								
	Modelo								
	Tipo de colector		☐	plano	☐	de tubos de vacío	☐		
	Superficie total de apertura de captación (m2)								
	Volumen total de acumulación (litros)								
2.1	**Características**								
	Sistema de apoyo		☐	Solamente solar	☐	Precalentamiento	☐	Apoyo incorporado	
	Sistema de transferencia de calor al agua		☐	Directo	☐	Indirecto			
	Contacto con la atmósfera		☐	Cerrado	☐	Abierto	☐	Ventilado	
	Fluido y drenaje del circuito		☐	Lleno	☐	Drenaje interior	☐	Drenaje exterior	
	Forma de circulación		☐	Termosifón	☐	Forzada			
	Configuración y acoplamiento		☐	Compacto	☐	Integrado	☐	Separado / partido	
2.2	**Características constructivas**								
	Dimensiones totales (mm.)		Longitud:		Fondo:		Altura:		
	Peso en vacio (kg.)								
	Peso lleno (kg.)								
	Volumen total del circuito cerrado (litros)								
2.3	**Características funcionales**								
	Relación Volumen /Área V/A (litros/m2)								
	Temperatura mínima permitida por el sistema (ºC)								
	Método de protección contra heladas								
	Sistema de protección contra sobrecalentamientos								
	Temperatura máxima de trabajo (ºC)		Circuito Primario:		Circuito de consumo:				
	Presión máxima de trabajo (bar)		Circuito Primario:		Circuito de consumo:				
2.4	**Rendimiento del sistema completo**								
	Laboratorio de Ensayo								
	Código de Referencia del informe								
	Resultados de prestaciones para la localidad:								
	Consumo	Qd (MJ)	QL (MJ)		Fsol (%)		Qpar (MJ)		



3	**COLECTOR SOLAR**						
	Marca y modelo						
	Superficie nominal (m2)						
	Número de colectores						
	Referencia de la Ficha Técnica						
4	**ACUMULADOR SOLAR**						
	Marca y modelo						
	Volumen nominal (litros)						
	Referencia de la Ficha Técnica						
5	**CIRCUITO HIDRÁULICO**						
5.1	**Tuberías del circuito primario**						
	Fabricante, marca y tipo						
	Material de la tubería						
	Diámetro interior (mm.)						
	Espesor de tubería (mm.)						
	Longitud lado caliente (m.)						
	Longitud lado frío (m.)						
	Tipo de conexiones en el colector						
	Tipo de conexiones en el intercambiador						
	Presión máxima de trabajo (bar)						
	Volumen interior total (litros)						
5.2	**Aislamiento de tuberías**						
	Fabricante, marca y tipo						
	Material						
	Conductividad (W/m.K)						
	Espesor (mm.)						
	Superficie del circuito sin aislamiento (m2)						
	Temperatura máxima que soporta (ºC)						
	Protección exterior						
	Necesidad de mantenimiento						
5.3	**Fluido caloportador del circuito primario**						
	Tipo de fluido	☐	Agua	☐	Mezcla anticongelante	☐	Otro fluido
	Fabricante liquido caloportador						
	Composición del líquido caloportador incluyendo aditivos						
	Cantidad suministrada con el equipo (litros)						
	Densidad (Kg/m3)						
	Proporción de anticongelante (%)						
	Punto de congelación (ºC)						
5.4	**Sistema de expansión**						
	Procedimiento utilizado						
	Volumen de expansión (litros)						
	Presión mínima de operación (bar)						
	Presión máxima de operación (bar)						
	Presión de tarado de válvula de seguridad (bar)						



5.5	**Sistema de llenado y purga**				
	Procedimiento utilizado				
	Volumen de líquido (litros)				
	Presión mínima de llenado en frío (bar)				
	Presión máxima de llenado en frío (bar)				
5.6	**Válvulas incluidas en el suministro**				
	Tipo	Seguridad	Alimentación	Retención	Termostática
	Circuito				
	Diámetro				
	Aplicación				
	Fabricante				
	Marca y modelo				
5.7	**Equipos de medida**				
	Manómetro				
	Termómetro				
	Caudalímetro				
6	**ESTRUCTURA SOPORTE**				
	Tipos de estructura para	☐	cubierta plana ☐	cubierta inclinada ☐	
	Material utilizado en la estructura				
	Material utilizado en la tornillería				
	Límites de inclinación a la que se puede instalar				
	Máximas cargas que transmite				
	Disponibilidad de certificado de resistencia y seguridad estructural				
7	**INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA**				
	Manual del instalador	☐			
	Manual de usuario	☐			
	Listado de verificación de componentes	☐			
	Esquemas de funcionamiento	☐			
	Identificación de todos los componentes	☐			
	Dimensiones totales y de los componentes	☐			
	Esquema de la estructura	☐			
	Plano acotado de apoyos de la estructura	☐			
8	**OTROS COMPONENTES**				
	Intercambiador externo	☐		Referencia FT	
	Bomba de circulación	☐		Referencia FT	
	Equipo de control diferencial	☐		Referencia FT	



13.2.3 Fichas Técnicas de componentes

FICHA TÉCNICA DE COLECTOR SOLAR						Referencia FT:		
DATOS GENERALES DEL SUMINISTRADOR								
	Nombre comercial			Fabricante		Importador		Distribuidor
	Razón social							
	RUT							
	Domicilio legal	Dirección						
		Localidad						
		Departamento						
	Contacto	Teléfono						
		Fax						
		Correo						
	Responsable Técnico del Equipamiento							
	Cédula de identidad del RTE							
DESCRIPCIÓN DEL COLECTOR SOLAR								
	Marca							
	Modelo							
	Tipo			Colector plano		Tubos de vacío		Otro (Especificar)
1	**Dimensiones**							
	Exteriores (mm.)					Superficie bruta (m2)		
	Apertura (mm.)					Superficie apertura (m2)		
	Absorbedor (mm.)					Superficie absorbedor (m2)		
	Peso en vacio (kg)							
	Peso total del colector lleno de liquido (kg.)							
	Capacidad de liquido del colector (litros)							
2	**Datos funcionales**							
	Fluidos de trabajo admitidos							
	Caudales recomendados (l/h)		Mínimo:		Máximo:			
	Temperatura de estancamiento (ºC)							
	Temperatura máxima de trabajo del colector (ºC)							
	Presión máxima de trabajo del colector (kPa)							
	Angulos máximos y mínimos de instalación							
3	**Cubierta**							
	Número de cubiertas							
	Material y tratamientos de la cubierta							
	Espesor de cubierta							
	Transmisividad							
	Material de la junta de estanqueidad							
4	**Absorbedor**							
	Material y espesor lámina absorbedora							
	Tratamiento superficial							
	Absortancia y emisividad							
	Unión absorbedor-circuito			Sold. Ultarsonidos		Sold láser		
	Tipo de circuito			Parrilla		Sepentín		
	Material (tubos) del circuito hidráulico							

	Diámetro y espesor tubos distribuidores (mm.)					
	Diámetro y espesor tubos de calentamiento (mm.)					
	Número de tubos / separación (mm.)					
5	**Aislamiento**					
	En el fondo	Material				
		Conductividad (W/m.K)				
		Espesor (mm.)				
	En laterales	Material				
		Conductividad (W/m.K)				
		Espesor (mm.)				
6	**Carcasa**					
	Forma constructiva		☐ Perfiles y fondo	☐ Chapa estampada	☐	
	Laterales: material y acabado superficial					
	Fondo: material y acabado superficial					
7	**Tubos de vacío**					
	Número de tubos					
	Longitud útil del tubo					
	Tubo externo: diámetro y espesor de pared					
	Tubo interno: diámetro y espesor de pared					
	Vacío (Pa)					
	Sistema de transferencia de calor		☐ Tubo de calor	☐ Tubo en U	☐ Tubo directo	
	Sistema reflector. Tipo y dimensiones:					
8	**Rendimiento**					
	Laboratorio de Ensayo					
	Código de Referencia del informe					
	Superficie útil de ensayo (m2)					
	Caudal másico de ensayo (kg/s.m2)					
	Rendimiento	Parámetro η0	0,750			
		Parámetro a1 (W/m2.K)	4,000			
		Parámetro a2 (W/m2.K2)	0,000			
	Potencia producida	Tm-Ta (K)	400 W/m2	700 W/m2	1000 W/m2	
		10				
		30				
		50				
	Constante de tiempo (segundos)					
	Capacidad térmica efectiva (J/K)					
	Modificador del ángulo incidencia Kθ(50º)					
	Función pérdida de carga = f(caudal)					
9	**Información complementaria**					
	Manual de instalación					
	Esquema de dimensiones principales					
	Situación, tipo y tamaño de las conexiones					
	Forma y situación puntos sujeción o apoyo					
	Procedencia de los datos incorporados					



FICHA TÉCNICA DE ACUMULADOR SOLAR					Referencia FT:		**AS-NF-XXX**	
DATOS GENERALES DEL SUMINISTRADOR								
	Nombre comercial		☐	Fabricante	☐	Importador	☐	Distribuidor
	Razón social							
	RUT							
	Domicilio legal	Dirección						
		Localidad						
		Departamento						
	Contacto	Teléfono						
		Fax						
		Correo						
	Responsable Técnico del Equipamiento							
	Cédula de identidad del RTE							
DESCRIPCIÓN DEL ACUMULADOR SOLAR								
	Marca							
	Modelo							
	Volumen nominal (litros)							
	Sistema auxiliar de calentamiento		☐	No dispone	☐	Dispone		
	Capacidad térmica efectiva (J/K)							
	Temperatura máxima de trabajo consumo (ºC)							
	Presión máxima trabajo circuito consumo (kPa)							
1	**Dimensiones**							
	Volumen real (litros)							
	Disposición		☐	Horizontal	☐	Vertical	☐	
	Posición respecto a parte alta colectores		☐	Por encima	☐	Altuta media	☐	Por debajo
	Dimensiones exteriores (mm.)	Longitud						
		Diámetro						
2	**Cuerpo interior**							
	Dimensiones interiores (mm.)	Longitud						
		Diámetro						
	Material de construcción del cuerpo interior							
	Tratamiento de protección interior en contacto con ACS							
	Sistema de protección catódica							
	Mecanismo entrada/salida							
	Mecanismos estratificación							
3	**Intercambiador incorporado**							
	Circuito en el que se ubica			Primario		Consumo		
	Tipo		☐	Doble envolvente	☐	Serpentín	☐	
	Caudal de diseño (litros/hora)							
	Pérdida de carga para caudal de diseño (mca)							
	Material de la superficie de transferencia							
	Tratamiento de la superficie en contacto con ACS							
	Superficie útil de intercambio térmico (m2)							
	Temperatura máxima trabajo primario (ºC)							
	Presión máxima trabajo circuito primario (kPa)							
	Volumen interior (litros)							



4	**Aislamiento térmico**							
	Coeficiente de pérdidas térmicas (W/K)							
	En envolvente	Material						
		Conductividad (W/m.K)						
		Espesor (mm.)						
	En fondos o laterales	Material						
		Conductividad (W/m.K)						
		Espesor (mm.)						
	Temperatura máxima que soporta (ºC)							
	Protección exterior							
	Puentes térmicos							
5	**Envolvente exterior**							
	Material y acabado superficial							
	Espesor de la envolvente							
	Protección intemperie							
6	**Información adjunta**							
	Esquema de dimensiones principales							
	Situación, tipo y tamaño de conexiones de consumo							
	Forma y situación puntos sujeción o apoyo							
	Esquema de situación del intercambiador							
	Situación, tipo y tamaño de conexiones de intercambiador							



13.3 DOCUMENTOS DE REFERENCIA

13.3.1 Normativa UNIT

- UNIT 705:2009 SISTEMAS SOLARES TERMICOS Y COMPONENTES. COLECTORES SOLARES. REQUISITOS
- UNIT 1184:2010 SISTEMAS SOLARES TERMICOS Y COMPONENTES. SISTEMAS PREFABRICADOS. METODOS DE ENSAYO
- UNIT 1185:2009 SISTEMAS SOLARES TERMICOS Y COMPONENTES. SISTEMAS PREFABRICADOS. REQUISITOS
- UNIT 1195:2012 SISTEMAS SOLARES TÉRMICOS Y SUS COMPONENTES. INSTALACIONES A MEDIDA. REQUISITOS.
- UNIT 1196:2012 SISTEMAS SOLARES TÉRMICOS Y SUS COMPONENTES. INSTALACIONES A MEDIDA. MÉTODOS DE ENSAYO.
- UNIT-ISO 9459-2:1995 (adopt. OCTUBRE 2009) (equiv. ISO 9459-2:1995) CALENTAMIENTO SOLAR. SISTEMAS DE CALENTAMIENTO DE AGUA SANITARIA. PARTE 2: METODOS DE ENSAYO EXTERIORES PARA LA CARACTERIZACION Y PREDICCION DE RENDIMIENTO ANUAL DE LOS SISTEMAS SOLARES
- UNIT-ISO 9488:1999 (adopt. FEBRERO 2009) (equiv. ISO 9488:1999, MOD.) ENERGIA SOLAR. VOCABULARIO
- UNIT-ISO 9806-1:1994 (adopt. OCTUBRE 2008) (equiv. ISO 9806-1:1994 MOD) METODOS DE ENSAYO PARA COLECTORES SOLARES. PARTE 1: DESEMPEÑO TERMICO DE COLECTORES CON VIDRIO DE CALENTAMIENTO LIQUIDO CONSIDERANDO CAIDA DE PRESION
- UNIT-ISO 9806-2:1995 (adopt. NOVIEMBRE 2008) (equiv. ISO 9806-2:1995 IDT) METODOS DE ENSAYOS PARA COLECTORES SOLARES. PARTE 2: PROCEDIMIENTOS DE ENSAYO DE CALIFICACION
- UNIT-ISO 9806-3:1995 (adopt. DICIEMBRE 2008) (equiv. ISO 9806-3:1995 IDT) METODOS DE ENSAYO PARA COLECTORES SOLARES. PARTE 3: DESEMPEÑO TERMICO DE COLECTORES SIN VIDRIO DE CALENTAMIENTO LIQUIDO CONSIDERANDO CAIDA DE PRESION (SOLAMENTE TRANSFERENCIA DE CALOR SENSIBLE)
- UNIT 50-84 ACCIÓN DEL VIENTO SOBRE CONSTRUCCIONES
- UNIT-IEC 60335-1 SEGURIDAD DE LOS APARATOS ELECTRODOMÉSTICOS Y ANÁLOGOS. Requisitos Generales
- UNIT-IEC 60335-2-21, SEGURIDAD DE LOS APARATOS ELECTRODOMÉSTICOS Y SIMILARES. Parte 2-21
- ISO/TR 10217, ENERGÍA SOLAR. SISTEMAS DE CALENTAMIENTO DE AGUA. GUÍA PARA LA SELECCIÓN DEL MATERIAL EN RELACIÓN CON LA CORROSIÓN INTERNA.
- UNIT-ISO 9488:1999 ENERGÍA SOLAR. VOCABULARIO
- UNIT 1026:99 PROYECCIONES ESTEREOGRÁFICAS

13.3.2 Normas UNE

- UNE 94002:2005 Instalaciones solares térmicas para producción de agua caliente sanitaria. Cálculo de la demanda de energía térmica
- UNE 94003:2007 Datos climáticos para el dimensionado de instalaciones solares térmicas.
- UNE 94041-1:2010 Sistemas domésticos de apoyo de consumo calorífico nominal inferior o igual a 70 kW y volumen de acumulación inferior o igual a 300 l, utilizados en instalaciones solares térmicas. Parte 1: Sistemas de apoyo que utilizan combustibles líquidos y gaseosos.
- UNE-EN 12975-1:2006+A1:2011 Sistemas solares térmicos y componentes. Captadores solares. Parte 1: Requisitos generales.
- UNE-EN 12975-2:2006 Sistemas solares térmicos y componentes. Captadores solares. Parte 2: Métodos de ensayo.
- UNE-EN 12976-1:2006 Sistemas solares térmicos y sus componentes. Sistemas prefabricados. Parte 1: Requisitos generales.
- UNE-EN 12976-2:2006 Sistemas solares térmicos y componentes. Sistemas prefabricados. Parte 2: Métodos de ensayo.

- UNE-EN 12977-1:2012 Sistemas solares térmicos y sus componentes. Instalaciones a medida. Parte 1: Requisitos generales para los calentadores de agua solares y las instalaciones solares combinadas.
- UNE-EN 12977-2:2012 Sistemas solares térmicos y sus componentes. Instalaciones a medida. Parte 2: Métodos de ensayo para los calentadores de agua solares y las instalaciones solares combinadas.
- UNE-EN 12977-3:2012 Sistemas solares térmicos y sus componentes. Instalaciones a medida. Parte 3: Métodos de ensayo del rendimiento de los acumuladores de agua de calentamiento solar.
- UNE-EN 12977-4:2012 Sistemas solares térmicos y sus componentes. Instalaciones a medida. Parte 4: Métodos de ensayo del rendimiento para las instalaciones solares combinadas.
- UNE-EN 12977-5:2012 Sistemas solares térmicos y sus componentes. Instalaciones a medida. Parte 5: Métodos de ensayo del rendimiento para los sistemas de regulación.

13.3.3 Bibliografía

- Guía ASIT de la Energía Solar Térmica. ASIT Asociación Solar de la Industria Térmica (España)
- Manual II de los Sistemas Solares Térmicos – Corporación de Desarrollo Tecnológico – GEF/PNUD – Ministerio de Energía - Chile
- Manual de Energía Solar Térmica e Instalaciones Asociadas – Facultad de Arquitectura – Universidad ORT Uruguay
- Borrador del REGLAMENTO ANDALUZ DE INSTALACIONES SOLARES TÉRMICAS DE BAJA TEMPERATURA - AGENCIA ANDALUZA DE LA ENERGÍA
- DTIE 8.03 INSTALACIONES SOLARES TÉRMICAS PARA PRODUCCIÓN DE AGUA CALIENTE SANITARIA - ATECYR
- MANUAL DE ENERGÍA SOLAR TÉRMICA PARA PRODUCCIÓN DE AGUA CALIENTE SANITARIA de la AGENCIA ANDALUZA DE LA ENERGÍA
- SISTEMAS SOLARES TÉRMICOS. Diseño e Instalación CENSOLAR – SOLARPRAXIS
- AGUA CALIENTE SANITARIA MEDIANTE ENERGÍA SOLAR EN EDIFICIOS DE VIVIENDAS de la AGENCIA ANDALUZA DE LA ENERGÍA - AICIA
- DTIE 1.01 PREPARACIÓN DE ACS - ATECYR
- DTIE 12.01 AISLAMIENTO TÉRMICO -ATECYR
- REGLAMENTO DE INSTALACIONES TÉRMICAS EN LOS EDIFICIOS (RITE)
- CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN (CTE) SECCIÓN HE4



14. DATOS, DEFINICIONES Y ABREVIATURAS

14.1 TABLAS DE TEMPERATURAS Y RADIACIÓN

Temperatura ambiente media mensual, en °C. (Fuente: D.N.Meteorología).
Tabla

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ANUAL
MONTEVIDEO	22,7	22,3	20,5	17,2	13,9	11	10,7	11,5	13,2	15,7	18,3	21,1	16,5
ARTIGAS	25,4	24,6	22,5	18,9	15,7	12,9	13,1	14,4	16	18,7	21,4	24	19
RIVERA	24,1	23,5	21,6	18,1	15,3	12,3	12,3	13,4	15	17,9	20,5	22,8	18,1
PAYSANDU	24,8	23,7	21,6	18	14,8	11,7	11,8	12,9	14,6	17,5	20,4	23,1	17,9
MELO	23,2	22,8	20,8	17,2	13,9	11,1	11,5	12,4	14,1	16,9	18,9	21,7	17
MERCEDES	24,3	23,3	20,9	17,2	13,9	10,9	11,1	12,1	13,9	16,8	19,8	22,8	17,3
TREINTA Y TRES	22,9	22,5	20,6	17,2	13,9	11,2	11,3	12,2	13,8	16,3	18,7	21,5	16,8
COLONIA	23,7	22,9	21,2	17,9	14,8	11,7	11,4	12,2	14,1	16,8	19,5	22,3	17,4
ROCHA	21,7	21,5	19,9	16,6	13,7	11,1	10,9	11,4	12,7	15,1	17,6	20,2	16

Se toman las ciudades mencionadas en D.N. Meteorología.

Temperatura de agua fría, en °C. (Fuente: OSE).
Tabla

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Montevideo	28,4	28,5	26,1	21,7	16,6	12,0	9,3	9,2	11,7	16,1	21,3	25,8

Los únicos datos de temperatura de agua fría que se pudieron conseguir son los de Montevideo. La utilización de otros datos de temperatura de agua fría deberá ser justificada indicando la procedencia y proceso de obtención de los mismos. Mientras no se cuente con más información se tomará la temperatura de agua fría de Montevideo para el resto de los departamentos de Uruguay.

Energía en KWh que incide sobre un metro cuadrado de superficie horizontal en un día medio de cada mes. (Fuente: Mapa Solar Uruguay, FING-UDELAR).
Tabla

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	MEDIA
SALTO	6,9	6,1	5,0	3,8	2,9	2,2	2,7	3,5	4,4	5,1	6,6	6,9	4,5
PAYSANDU	7,0	6,1	4,9	3,8	2,9	2,3	2,7	3,4	4,4	5,4	6,6	7,0	4,7
CARRASCO	6,4	5,6	4,4	3,3	2,4	1,9	2,2	2,7	3,7	4,8	6,0	6,3	4,1
SAN JOSE	6,8	5,7	4,5	3,3	2,5	2,0	2,2	2,8	3,9	5,0	6,4	6,8	4,3
FLORIDA	6,6	5,7	4,5	3,4	2,5	2,0	2,2	2,9	3,9	5,1	6,3	6,6	4,3
DURAZNO	6,8	5,9	4,7	3,6	2,6	2,1	2,4	3,1	4,2	5,1	6,4	6,8	4,5
ROCHA	5,9	5,2	4,2	3,3	2,3	1,9	2,1	2,7	3,6	4,6	5,7	5,8	3,9
TREINTA Y TRES	6,4	5,6	4,4	3,5	2,5	2,1	2,3	2,9	3,8	4,9	6,0	6,4	4,2
MELO	6,7	5,8	4,8	3,7	2,8	2,2	2,5	3,3	4,1	5,1	6,3	6,7	4,5
RIVERA	6,9	6,1	5,0	3,8	3,0	2,3	2,8	3,6	4,5	5,4	6,5	6,8	4,7
TACUAREMBO	6,9	6,1	4,8	3,8	2,8	2,2	2,7	3,3	4,3	5,2	6,5	6,8	4,6
ARTIGAS	6,9	6,1	5,0	3,8	3,0	2,3	2,8	3,6	4,4	5,3	6,5	6,8	4,7
PROMEDIOS	6,7	5,8	4,7	3,6	2,7	2,1	2,5	3,2	4,1	5,1	6,3	6,6	4,4



Se toman las ciudades mencionadas en el mapa solar.
Altitud, latitud, longitud (Fuente: D.N.Meteorología).
Tabla

	ALTITUD (m)	LATITUD (º)	LONGITUD (º)
MONTEVIDEO	16.27	34º51,7'S	56º12,4'W
ARTIGAS	120.88	30º23,9'S	56º30,6'W
RIVERA	241.94	30º53,8'S	55º32,6'W
SALTO	33.57	31º23,8'S	57º57,9'W
PAYSANDU	61.12	32º20,9'S	58º02,2'W
MELO	100.36	32º22,1'S	54º11,6'W
PASO DE LOS TOROS	75.48	32º48,0'S	56º31,6'W
MERCEDES	17.01	33º15,0'S	58º04,1'W
TREINTA Y TRES	46.6	33º13,3'S	54º23,3'W
COLONIA	22.84	34º27,4'S	57º50,6'W
CANELONES		34º31,5'S	56º16,9'W
DURAZNO	91	33º22,9'S	56º31,2'W
TRINIDAD	253	33º31'S	56º53,9'W
FLORIDA	70	34º6'S	56º13'W
MINAS	140	34º22,7'S	55º14,3'W
MALDONADO	24	34º54,2'S	54º56,9'W
FRAY BENTOS	23	33º7,5'S	58º18,0'W
SAN JOSE	51	34º20,3'S	56º42,6'W
TACUAREMBO	137	31º42,9'S	55º58,9'W
ROCHA	18.16	34º29,6'S	54º18,7'W

Razón "R" para superficies inclinadas. Representa el cociente entre la energía total incidente en un día sobre una superficie orientada hacia el ecuador e inclinada un determinado ángulo, y otra horizontal. (Fuente: Radiación en P.H a partir del Mapa Solar. Fracción difusa a partir de Correlación Erbs. Razón R a partir de Modelo Isotrópico).
Se realizó el cálculo para las latitudes representativas del Uruguay: entre -30 y -35º.

LATITUD	-30,4											
Incli.	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	0,99	1,01	1,02	1,05	1,08	1,08	1,09	1,06	1,03	1,01	1,00	0,99
10	0,98	1,01	1,04	1,09	1,15	1,16	1,16	1,11	1,06	1,02	0,99	0,98
15	0,97	1,00	1,05	1,12	1,21	1,23	1,24	1,16	1,08	1,02	0,98	0,96
20	0,95	0,99	1,06	1,15	1,26	1,29	1,30	1,19	1,09	1,01	0,96	0,93
25	0,92	0,98	1,06	1,17	1,31	1,35	1,36	1,23	1,10	1,00	0,94	0,91
30	0,89	0,96	1,06	1,18	1,35	1,40	1,41	1,25	1,10	0,99	0,91	0,87
35	0,86	0,94	1,05	1,19	1,39	1,44	1,45	1,27	1,10	0,97	0,88	0,84
40	0,82	0,91	1,03	1,19	1,41	1,47	1,48	1,28	1,09	0,94	0,84	0,80
45	0,78	0,87	1,01	1,19	1,43	1,50	1,50	1,28	1,07	0,91	0,80	0,76
50	0,74	0,84	0,98	1,18	1,44	1,51	1,52	1,28	1,05	0,88	0,76	0,71
55	0,69	0,79	0,95	1,16	1,43	1,51	1,52	1,27	1,02	0,84	0,72	0,67
60	0,64	0,75	0,91	1,13	1,42	1,51	1,52	1,25	0,99	0,80	0,67	0,62
65	0,59	0,70	0,87	1,10	1,41	1,50	1,50	1,22	0,95	0,75	0,62	0,57
70	0,54	0,65	0,82	1,07	1,38	1,48	1,48	1,19	0,91	0,70	0,57	0,52
75	0,49	0,60	0,77	1,02	1,34	1,45	1,45	1,15	0,86	0,65	0,52	0,47
80	0,43	0,54	0,72	0,98	1,30	1,41	1,41	1,10	0,81	0,60	0,46	0,42
85	0,38	0,49	0,66	0,92	1,25	1,36	1,36	1,05	0,76	0,54	0,41	0,37
90	0,33	0,43	0,60	0,87	1,19	1,30	1,30	0,99	0,70	0,49	0,36	0,32



LATITUD -30,9

Incli.	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
10	0,98	1,01	1,04	1,09	1,15	1,17	1,17	1,11	1,06	1,02	0,99	0,98
15	0,97	1,00	1,06	1,12	1,21	1,24	1,24	1,16	1,08	1,02	0,98	0,96
20	0,95	1,00	1,06	1,15	1,27	1,31	1,31	1,20	1,10	1,02	0,96	0,94
25	0,92	0,98	1,06	1,17	1,32	1,36	1,37	1,23	1,11	1,01	0,94	0,91
30	0,89	0,96	1,06	1,19	1,37	1,41	1,42	1,26	1,11	0,99	0,91	0,88
35	0,86	0,94	1,05	1,20	1,40	1,46	1,47	1,28	1,11	0,97	0,88	0,84
40	0,82	0,91	1,03	1,20	1,43	1,49	1,50	1,29	1,10	0,95	0,85	0,80
45	0,78	0,88	1,01	1,20	1,44	1,52	1,52	1,30	1,08	0,92	0,81	0,76
50	0,74	0,84	0,99	1,19	1,45	1,53	1,54	1,29	1,06	0,88	0,77	0,72
55	0,69	0,80	0,95	1,17	1,45	1,54	1,55	1,28	1,03	0,85	0,72	0,67
60	0,65	0,75	0,92	1,15	1,44	1,54	1,54	1,26	1,00	0,80	0,67	0,62
65	0,59	0,71	0,88	1,11	1,43	1,52	1,53	1,24	0,96	0,76	0,62	0,57
70	0,54	0,66	0,83	1,08	1,40	1,50	1,50	1,20	0,92	0,71	0,57	0,52
75	0,49	0,60	0,78	1,04	1,37	1,47	1,47	1,17	0,87	0,66	0,52	0,47
80	0,44	0,55	0,73	0,99	1,32	1,43	1,43	1,12	0,82	0,60	0,47	0,42
85	0,39	0,49	0,67	0,93	1,27	1,39	1,38	1,07	0,77	0,55	0,42	0,37
90	0,34	0,43	0,61	0,88	1,21	1,33	1,32	1,01	0,71	0,49	0,36	0,33

LATITUD -31,43

Incli.	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
10	0,98	1,01	1,04	1,09	1,15	1,16	1,17	1,11	1,06	1,02	0,99	0,98
15	0,97	1,01	1,06	1,13	1,22	1,24	1,24	1,16	1,08	1,02	0,98	0,96
20	0,95	1,00	1,07	1,16	1,27	1,30	1,31	1,20	1,10	1,02	0,96	0,94
25	0,92	0,98	1,07	1,18	1,32	1,36	1,37	1,24	1,11	1,01	0,94	0,91
30	0,90	0,97	1,06	1,20	1,37	1,41	1,42	1,26	1,11	0,99	0,91	0,88
35	0,86	0,94	1,06	1,21	1,40	1,46	1,47	1,28	1,11	0,97	0,88	0,84
40	0,83	0,91	1,04	1,21	1,43	1,49	1,50	1,29	1,10	0,95	0,85	0,81
45	0,79	0,88	1,02	1,21	1,45	1,51	1,53	1,30	1,08	0,92	0,81	0,77
50	0,74	0,84	0,99	1,20	1,46	1,53	1,54	1,30	1,06	0,89	0,77	0,72
55	0,70	0,80	0,96	1,18	1,46	1,54	1,55	1,29	1,04	0,85	0,72	0,67
60	0,65	0,76	0,92	1,16	1,45	1,53	1,55	1,27	1,01	0,81	0,68	0,63
65	0,60	0,71	0,88	1,13	1,43	1,52	1,53	1,24	0,97	0,76	0,63	0,58
70	0,55	0,66	0,84	1,09	1,41	1,50	1,51	1,21	0,93	0,71	0,58	0,52
75	0,50	0,61	0,79	1,05	1,37	1,47	1,48	1,17	0,88	0,66	0,52	0,47
80	0,44	0,55	0,73	1,00	1,33	1,43	1,44	1,12	0,83	0,61	0,47	0,42
85	0,39	0,50	0,68	0,95	1,28	1,39	1,39	1,07	0,77	0,56	0,42	0,37
90	0,34	0,44	0,62	0,89	1,22	1,33	1,33	1,01	0,71	0,50	0,37	0,33

LATITUD -32,37

Incli.	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
10	0,99	1,01	1,05	1,09	1,15	1,18	1,17	1,11	1,06	1,02	0,99	0,98
15	0,97	1,01	1,06	1,13	1,22	1,25	1,24	1,16	1,08	1,02	0,98	0,96
20	0,95	1,00	1,07	1,16	1,28	1,32	1,31	1,20	1,10	1,02	0,96	0,94
25	0,93	0,99	1,07	1,19	1,33	1,39	1,37	1,24	1,11	1,01	0,94	0,91
30	0,90	0,97	1,07	1,20	1,38	1,44	1,42	1,26	1,11	1,00	0,92	0,88
35	0,87	0,95	1,06	1,22	1,42	1,49	1,47	1,28	1,11	0,98	0,89	0,85
40	0,83	0,92	1,04	1,22	1,45	1,53	1,50	1,30	1,10	0,96	0,86	0,81
45	0,80	0,89	1,02	1,22	1,46	1,56	1,53	1,30	1,08	0,93	0,82	0,77
50	0,75	0,85	1,00	1,21	1,48	1,58	1,54	1,30	1,06	0,89	0,78	0,73
55	0,71	0,81	0,97	1,19	1,48	1,59	1,55	1,29	1,04	0,86	0,74	0,68
60	0,66	0,77	0,93	1,17	1,47	1,59	1,55	1,27	1,01	0,82	0,69	0,64
65	0,61	0,72	0,89	1,14	1,45	1,58	1,53	1,25	0,97	0,77	0,64	0,59
70	0,56	0,67	0,85	1,10	1,43	1,56	1,51	1,22	0,93	0,72	0,59	0,54
75	0,51	0,62	0,80	1,06	1,39	1,53	1,48	1,18	0,88	0,67	0,54	0,49
80	0,46	0,57	0,74	1,02	1,35	1,49	1,44	1,13	0,83	0,62	0,49	0,44
85	0,41	0,51	0,69	0,96	1,30	1,44	1,39	1,08	0,78	0,56	0,43	0,39
90	0,36	0,46	0,63	0,91	1,25	1,39	1,34	1,02	0,72	0,51	0,38	0,34



LATITUD	-33,22											
Incli.	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
10	0,99	1,01	1,04	1,09	1,15	1,18	1,17	1,11	1,06	1,02	0,99	0,98
15	0,97	1,01	1,06	1,13	1,21	1,26	1,24	1,16	1,08	1,02	0,98	0,96
20	0,96	1,00	1,07	1,16	1,27	1,33	1,31	1,20	1,09	1,02	0,97	0,94
25	0,93	0,99	1,07	1,19	1,32	1,40	1,37	1,24	1,10	1,01	0,95	0,92
30	0,91	0,97	1,07	1,20	1,36	1,45	1,42	1,27	1,11	1,00	0,92	0,89
35	0,88	0,95	1,06	1,22	1,40	1,50	1,46	1,29	1,10	0,98	0,90	0,86
40	0,84	0,93	1,04	1,22	1,42	1,54	1,49	1,30	1,10	0,96	0,86	0,82
45	0,80	0,89	1,02	1,22	1,44	1,57	1,52	1,30	1,08	0,93	0,83	0,78
50	0,76	0,86	1,00	1,21	1,45	1,59	1,53	1,30	1,06	0,90	0,79	0,74
55	0,72	0,82	0,97	1,19	1,45	1,60	1,54	1,29	1,04	0,86	0,75	0,70
60	0,67	0,78	0,93	1,17	1,44	1,60	1,54	1,28	1,01	0,82	0,70	0,65
65	0,62	0,73	0,89	1,14	1,43	1,59	1,53	1,25	0,97	0,78	0,65	0,60
70	0,57	0,68	0,85	1,11	1,40	1,58	1,50	1,22	0,93	0,73	0,60	0,55
75	0,52	0,63	0,80	1,07	1,37	1,55	1,47	1,18	0,89	0,68	0,55	0,50
80	0,47	0,58	0,75	1,02	1,33	1,51	1,44	1,14	0,84	0,63	0,50	0,45
85	0,42	0,52	0,69	0,97	1,28	1,46	1,39	1,09	0,78	0,58	0,45	0,40
90	0,37	0,47	0,64	0,91	1,23	1,41	1,33	1,03	0,73	0,52	0,40	0,36

LATITUD	-34,35											
Incli.	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
5	1,00	1,01	1,03	1,05	1,08	1,10	1,09	1,06	1,03	1,01	1,00	0,99
10	0,99	1,01	1,05	1,09	1,16	1,19	1,17	1,12	1,06	1,02	0,99	0,98
15	0,98	1,01	1,06	1,13	1,23	1,27	1,25	1,17	1,09	1,03	0,99	0,97
20	0,96	1,01	1,07	1,16	1,29	1,34	1,32	1,21	1,10	1,03	0,97	0,95
25	0,94	1,00	1,08	1,19	1,35	1,41	1,38	1,25	1,12	1,02	0,95	0,92
30	0,91	0,98	1,08	1,21	1,39	1,47	1,43	1,28	1,12	1,01	0,93	0,89
35	0,88	0,96	1,07	1,22	1,43	1,52	1,48	1,30	1,12	0,99	0,90	0,86
40	0,85	0,93	1,06	1,23	1,46	1,57	1,52	1,31	1,11	0,97	0,87	0,83
45	0,81	0,90	1,04	1,22	1,48	1,60	1,54	1,32	1,10	0,94	0,83	0,79
50	0,77	0,87	1,01	1,22	1,50	1,62	1,56	1,32	1,08	0,91	0,79	0,74
55	0,72	0,83	0,98	1,20	1,50	1,63	1,57	1,31	1,06	0,87	0,75	0,70
60	0,68	0,79	0,95	1,18	1,50	1,64	1,57	1,30	1,03	0,83	0,70	0,65
65	0,63	0,74	0,91	1,15	1,48	1,63	1,56	1,27	0,99	0,79	0,66	0,60
70	0,58	0,69	0,87	1,12	1,46	1,61	1,54	1,24	0,95	0,74	0,61	0,55
75	0,52	0,64	0,82	1,08	1,43	1,59	1,51	1,21	0,91	0,69	0,55	0,50
80	0,47	0,59	0,77	1,03	1,39	1,55	1,47	1,16	0,86	0,64	0,50	0,45
85	0,42	0,53	0,71	0,98	1,34	1,50	1,42	1,11	0,81	0,59	0,45	0,40
90	0,37	0,48	0,65	0,92	1,28	1,45	1,37	1,06	0,75	0,53	0,40	0,35

LATITUD	-34,83											
Incli.	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
5	1,00	1,01	1,03	1,05	1,08	1,09	1,09	1,06	1,03	1,01	1,00	0,99
10	0,99	1,01	1,05	1,10	1,16	1,18	1,18	1,12	1,06	1,02	1,00	0,98
15	0,98	1,01	1,06	1,13	1,23	1,27	1,26	1,17	1,08	1,03	0,99	0,97
20	0,96	1,01	1,07	1,17	1,29	1,34	1,33	1,21	1,10	1,03	0,97	0,95
25	0,94	1,00	1,08	1,19	1,34	1,41	1,39	1,25	1,11	1,02	0,95	0,93
30	0,91	0,98	1,08	1,21	1,39	1,47	1,45	1,27	1,12	1,01	0,93	0,90
35	0,89	0,96	1,07	1,23	1,43	1,52	1,50	1,30	1,12	0,99	0,90	0,87
40	0,85	0,94	1,06	1,23	1,46	1,56	1,54	1,31	1,11	0,97	0,87	0,83
45	0,81	0,91	1,04	1,23	1,48	1,59	1,57	1,32	1,10	0,94	0,84	0,79
50	0,77	0,87	1,02	1,23	1,50	1,61	1,59	1,32	1,08	0,91	0,80	0,75
55	0,73	0,83	0,99	1,21	1,50	1,63	1,60	1,31	1,06	0,88	0,76	0,71
60	0,69	0,79	0,95	1,19	1,49	1,63	1,60	1,30	1,03	0,84	0,71	0,66
65	0,64	0,75	0,91	1,16	1,48	1,62	1,59	1,27	0,99	0,79	0,67	0,62
70	0,59	0,70	0,87	1,13	1,46	1,61	1,57	1,24	0,95	0,75	0,62	0,57
75	0,54	0,65	0,82	1,09	1,43	1,58	1,54	1,21	0,91	0,70	0,57	0,52
80	0,49	0,59	0,77	1,04	1,39	1,54	1,50	1,16	0,86	0,65	0,51	0,47
85	0,43	0,54	0,72	0,99	1,34	1,50	1,45	1,11	0,81	0,59	0,46	0,42
90	0,38	0,48	0,66	0,94	1,28	1,44	1,40	1,06	0,75	0,54	0,41	0,37



14.2 DEFINICIONES

14.2.1 Radiación solar

1. Radiación solar: es la energía procedente del Sol en forma de ondas electromagnéticas de onda corta (0,2 a 3 μm).
2. Radiación solar directa: es la radiación solar que, sin haber sufrido modificación en su trayectoria, incide sobre una superficie. Es decir, procede directamente del disco solar.
3. Radiación solar difusa celeste: es la radiación que, originada en la dispersión de la radiación solar por las moléculas de aire, aerosoles, ozono y otros componentes atmosféricos, incide sobre una superficie procedente de toda la bóveda celeste.
4. Radiación solar reflejada: es la radiación procedente de la reflexión de la radiación solar en el suelo y otros objetos que incide sobre una superficie.
5. Radiación solar difusa: es la suma de la radiación difusa celeste y la radiación solar reflejada de onda corta. Hay una radiación difusa de onda larga, procedente de todos los objetos y de la propia bóveda celeste.
6. Radiación solar global: es la suma de la radiación directa y difusa.
7. Irradiancia solar: es la magnitud física que valora la radiación solar en potencia por unidad de área. Se expresa en W/m^2 y se suele representar por la letra G.
8. Irradiación solar: es la magnitud física que valora la radiación solar en energía por unidad de área. Se expresa en J/m^2 y se suele representar por la letra H. La irradiación es la integral de la irradiancia en el tiempo: $H = \int G.dt$.

14.2.2 Instalación

1. Instalación solar: instalación que transforma la energía solar en energía térmica y que está constituida por los sistemas de captación, acumulación, etc.
2. Sistema de captación solar térmica: sistema de una instalación solar que transforma la radiación solar incidente en energía interna del fluido.
3. Sistema de acumulación: sistema de una instalación solar que almacena la energía interna producida en la instalación
4. Sistema de intercambio: sistema de una instalación solar que realiza la transferencia de calor entre fluidos que circulan por circuitos diferentes.
5. Sistema de transporte o de circulación: sistema de una instalación solar formado por tuberías y elementos de impulsión y aislamiento térmico adecuados, diseñados para transportar la energía producida.
6. Sistema de apoyo o auxiliar: conjunto de elementos de apoyo a la instalación solar para complementar el aporte solar en periodos de escasa radiación solar o de demanda de energía superior a la prevista.
7. Sistema de control: sistema de una instalación solar que asegura el correcto funcionamiento del conjunto.
8. Circuito primario: circuito formado por los colectores y las tuberías que los unen, en el que el fluido de trabajo recoge la energía térmica producida en los colectores y la transfiere al acumulador solar, bien directamente o a través de un intercambiador de calor.
9. Circuito secundario: circuito en el que se recoge la energía captada en el circuito primario a través de un intercambiador de calor y se transfiere a un acumulador.
10. Circuito terciario: circuito en el que se recoge la energía almacenada en el acumulador de inercia y se transfiere al circuito de consumo a través de un intercambiador de calor.
11. Circuito de consumo: circuito que parte de la red de distribución de los sistemas de abastecimiento y llega a los puntos de consumo. Este circuito transporta agua potable de consumo.
12. Instalación abierta: instalación en la que el circuito primario está comunicado de forma permanente con la atmósfera.
13. Instalación cerrada: instalación en la que el circuito primario no tiene comunicación directa con la atmósfera.
14. Instalación de sistema directo: instalación en la que el fluido de trabajo es el propio agua de consumo.

15. Instalación de sistema indirecto: instalación en la que el fluido de trabajo no tiene posibilidad de ser distribuido al consumo con el que sólo intercambia energía térmica.
16. Instalación por termosifón: instalación en la que el fluido de trabajo circula por convección natural
17. Instalación con circulación forzada: instalación equipada con dispositivos (bombas) que provocan la circulación del fluido de trabajo.
18. Equipo solar doméstico o sistema prefabricado: sistema de aprovechamiento de la energía solar para producción de agua caliente sanitaria, fabricado mediante un proceso estandarizado que presupone resultados uniformes en prestaciones. Se vende como una unidad y suele estar en el mercado bajo un nombre comercial único.
19. Equipo compacto: equipo solar doméstico cuyos elementos se encuentran montados en una sola unidad, aunque físicamente pueden estar diferenciados.
20. Equipo no compacto o equipo partido: equipo solar doméstico cuyos elementos principales (de captación y de acumulación) se pueden encontrar separados y a una distancia adaptada a la disponibilidad de colocación de los colectores, del acumulador y del sistema de consumo.
21. Equipo integrado: equipo solar doméstico cuyos elementos principales (captación y acumulación) constituyen un único componente y no es posible diferenciarlos físicamente.
22. Configuración básica: características de una instalación solar incluyendo su esquema hidráulico (conexiones hidráulicas entre el grupo de colectores, el acumulador (es) y otros componentes) y el sistema de control. Se consideran que tienen la misma configuración los sistemas que difieran en cualquier otro parámetro, en el tipo o dimensiones de los componentes usados o en los ajustes de controladores.

14.2.3 Colector

1. Colector solar térmico: dispositivo diseñado para absorber la radiación solar y transmitir la energía térmica así producida a un fluido portador que circula por su interior.
2. Absorbedor: componente de un colector solar cuya función es absorber la energía radiante y transferirla en forma de calor a un fluido.
3. Cubierta: elemento de material transparente (en onda corta) a la radiación solar y opaco (parcialmente) a la radiación de onda larga que cubre al absorbedor para reducir las pérdidas, producir el efecto invernadero y protegerlo del ambiente.
4. Carcasa: componente del colector que conforma su superficie exterior, fija la cubierta, contiene y protege a los restantes componentes del colector y soporta los anclajes.
5. Junta de cubierta: elemento de material elástico cuya función es asegurar la estanqueidad de la unión cubierta-carcasa.
6. Aislamiento térmico: material de baja conductividad térmica que se emplea en el colector solar para reducir las pérdidas térmicas por la parte posterior y los laterales.
7. Área total del colector: área máxima proyectada por el colector completo, excluyendo cualquier medio de soporte y acoplamiento de los tubos.
8. Área de apertura: área proyectada máxima a través de la cual penetra en el colector la radiación solar sin concentrar.
9. Área del absorbedor: área máxima de la proyección del absorbedor.
10. Temperatura de estancamiento: temperatura que alcanza el absorbedor de un colector solar cuando está vacío, la irradiancia incidente sobre el colector es 1000 W/m2 y la temperatura ambiente 30ºC.
11. Factor de ganancia o rendimiento óptico del colector: rendimiento del colector cuando la diferencia de temperaturas entre el colector y el ambiente es cero.
12. Batería de colectores: Conjunto de colectores solares, instalados sobre una misma estructura y conectados entre sí.

14.2.4 Otros componentes

1. Acumulador solar: depósito en el que se almacena el agua calentada a través del sistema de captación de la instalación solar. Pueden ser de inercia o de consumo.
2. Acumulador solar de inercia: situado en un circuito cerrado y no tiene posibilidad de distribuir el fluido almacenado al circuito de consumo.
3. Acumulador solar de consumo: forma parte del circuito de consumo.

4. Intercambiador de calor: dispositivo en el que se produce la transferencia de energía térmica entre dos fluidos que se encuentran en circuitos separados y a temperaturas diferentes. Pueden ser incorporados o independientes.
5. Intercambiador de calor incorporado: ubicado en el acumulador solar. Los más comunes son de tipo serpentín, doble envolvente, etc. También son denominados interacumuladores.
6. Intercambiador externo o independiente: no ubicado en el acumulador solar. Normalmente son de placas, pero pueden ser de otros tipos (tubulares, carcasa y tubos, etc.)
7. Intercambiador solar: intercambiador que realiza la transferencia de calor desde el fluido que circula por el circuito primario.
8. Vaso de expansión: dispositivo que permite absorber las variaciones de volumen y presión en un circuito cerrado producidas por las variaciones de temperatura del fluido circulante. Puede ser abierto o cerrado, dependiendo de que el fluido esté o no en comunicación directa con la atmósfera.
9. Tuberías: elementos de conexión entre colectores, acumuladores, sistema de apoyo y resto de componentes de una instalación solar térmica.
10. Válvulas: En una instalación solar se emplean diversos tipos de válvulas que desempeñan distintas funciones. Pueden ser de corte, de retención, de seguridad, de asiento.
11. Válvula de corte: dispositivo que permite interrumpir el paso de fluido en un circuito. Permite aislar componentes a efectos de sustitución, reparación o mantenimiento.
12. Válvula antirretorno o de retención: dispositivo que permite interrumpir el paso de fluido en un sentido.
13. Válvula de seguridad: dispositivo que permite limitar la presión máxima del circuito.
14. Válvula de asiento: dispositivo que permite equilibrar el circuito hidráulico.
15. Bomba: dispositivo electromecánico que produce la circulación forzada de un fluido en un circuito.
16. Sistema de purga de aire: elementos utilizados para dar salida al aire acumulado en el circuito.
17. Control diferencial de temperaturas: dispositivo electrónico que arranca o para las bombas en función de una diferencia de temperaturas prefijada. Normalmente esta diferencia de temperaturas corresponde a la existente entre los colectores y el acumulador solar.
18. Sistema de protección antiheladas: sistema (o dispositivo) que sirve para evitar la congelación del fluido de trabajo.
19. Fluido de trabajo: es el fluido encargado de recoger y transmitir la energía captada por el absorbedor. También se le llama fluido portador.

14.2.5 Agua caliente sanitaria

1. Agua fría: agua potable de consumo público utilizada en las instalaciones de los edificios, que no ha sido sometida a ningún proceso de calentamiento, y que es suministrada a través de la red de distribución del sistema de abastecimiento. La red de distribución puede ser pública o privada.
2. Agua caliente sanitaria: agua fría que ha sido sometida a un proceso de calentamiento y que se destina a usos sanitarios.
3. Carga de consumo: cantidad de agua caliente gastada en un determinado periodo de tiempo. Siempre está asociada a una temperatura de referencia.
4. Temperatura del agua fría (T_{AF}): temperatura del agua de la red de distribución de los sistemas de abastecimiento de agua fría.
5. Temperatura de preparación (T_P): temperatura de diseño en el sistema de apoyo de agua caliente sanitaria.
6. Temperatura de distribución (T_D): temperatura de diseño del circuito de distribución de agua caliente sanitaria a la que se acondiciona el agua caliente del sistema de preparación para su reparto hasta los distintos puntos de consumo.
7. Temperatura de uso (T_U): temperatura del agua caliente sanitaria en los puntos de consumo.

14.2.6 Términos energéticos

1. Rendimiento de la instalación: Se define el rendimiento (REN) de una instalación solar como el cociente entre la energía térmica neta aportada por la instalación solar y la energía solar incidente sobre el plano de los colectores solares de la instalación referidas a un determinado periodo de tiempo.



2. Fracción solar: Se define la fracción solar (FS) como el cociente entre la energía neta aportada por la instalación solar al consumo y la demanda de energía térmica para producción de agua caliente requerida por el consumo.

14.3 ABREVIATURAS Y ACRÓNIMOS

A	ÁREA DE CAPTACIÓN (SUPERFICIE DE APERTURA DE COLECTORES SOLARES)
AA	ACUMULACIÓN DEL SISTEMA AUXILIAR
ALI	ALIMENTACIÓN O CONSUMO, CIRCUITO DE
ASC	ACUMULACIÓN SOLAR DE CONSUMO
AS ó AST	APORTE SOLAR (TÉRMICO)
CE_{ACS}	CONSUMO DE ENERGÍA EN ACS
CE_{AUX}	CONSUMO DE ENERGÍA DEL SISTEMA AUXILIAR
CEF_{AUX}	CONSUMO DE ENERGÍA FINAL DEL SISTEMA AUXILIAR
CET_{AUX}	CONSUMO DE ENERGÍA TÉRMICA DEL SISTEMA AUXILIAR
CET_{FLU}	COEFICIENTE DE EXPANSIÓN TÉRMICA DE UN FLUIDO
CON	CONSUMO, CIRCUITO DE
CP	COEFICIENTE DE PRESIÓN
DB_{ACS}	DEMANDA BRUTA DE ENERGÍA TÉRMICA EN ACS
DE_{ACS}	DEMANDA (NETA) DE ENERGÍA TÉRMICA EN ACS
DE_{REP}	DEMANDA DE ENERGÍA DEL AGUA DE REPOSICIÓN
DIS	DISTRIBUCIÓN, CIRCUITO DE
E	ESTACIONALIDAD, COEFICIENTE DE
EA	ENERGÍA AUXILIAR
EAA	ENERGÍA AUXILIAR APORTADA
EAF	ENERGÍA AUXILIAR FINAL
EAP	ENERGÍA AUXILIAR PRODUCIDA
e_{AIS}	ESPESOR DE AISLAMIENTO
ER ó E_{INC}	ENERGÍA RADIANTE O ENERGÍA INCIDENTE
EST_{APO}	ENERGÍA SOLAR TÉRMICA APORTADA
ES_{INC}	ENERGÍA SOLAR INCIDENTE
ES_{PRO}	ENERGÍA SOLAR PRODUCIDA
EU	ENERGÍA ÚTIL
FC	FACTOR DE CENTRALIZACIÓN
$F_R(\tau\alpha)= \eta 0$	FACTOR DE EFICIENCIA ÓPTICA DEL COLECTOR
F_RU_L	COEFICIENTE GLOBAL DE PÉRDIDAS DEL COLECTOR
FS ó f	FRACCIÓN SOLAR
FT	FACTOR DE TEMPERATURA
G_{REF}	IRRADIANCIA SOLAR DE REFERENCIA
HF	HORAS DE FUNCIONAMIENTO
IS	INTERCAMBIADOR SOLAR
MT	MEMORIA TÉCNICA DE DISEÑO
OCU	OCUPACIÓN MEDIA MENSUAL
PCI	PODER CALORÍFICO INFERIOR
PCT	PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS
PL	PLAZA
P_{EST}	PRESIÓN ESTÁTICA
P_{MAX}	PRESIÓN MÁXIMA
P_{MIN}	PRESIÓN MÍNIMA
P_{NOM}	PRESIÓN NOMINAL
P_{PRE}	PRESIÓN DE PRECARGA
POT	POTENCIA TÉRMICA
POT_{IS}	POTENCIA TÉRMICA DEL INTERCAMBIADOR SOLAR
POT_{MAX}	POTENCIA TÉRMICA MÁXIMA



POT_{NOM}	POTENCIA TÉRMICA NOMINAL
PRI	PRIMARIO, CIRCUITO
PT	PÉRDIDAS TÉRMICAS
PT_{ALI}	PÉRDIDAS TÉRMICAS DEL CIRCUITO DE ALIMENTACIÓN
PT_{APO}	PÉRDIDAS TÉRMICAS DEL SISTEMA DE APOYO
PT_{DEM}	PÉRDIDAS TÉRMICAS ASOCIADAS A LA DEMANDA
PT_{DIS}	PÉRDIDAS TÉRMICAS DEL CIRCUITO DE DISTRIBUCIÓN
PT_{PRI}	PÉRDIDAS TÉRMICAS DEL CIRCUITO PRIMARIO
PT_{PRO}	PÉRDIDAS TÉRMICAS ASOCIADAS A LA PRODUCCIÓN SOLAR
PT_{REC}	PÉRDIDAS TÉRMICAS DEL CIRCUITO DE RECIRCULACIÓN
PT_{VP}	PÉRDIDAS TÉRMICAS DEL VASO DE UNA PISCINA
$Q_{ACS}(T)$	CAUDAL DE CONSUMO DE AGUA CALIENTE SANITARIA A LA TEMPERATURA T
RAD	RADIACIÓN
REC	RECIRCULACIÓN, CIRCUITO DE
REN	RENDIMIENTO
REN_{APO}	RENDIMIENTO DEL SISTEMA DE APOYO
REN_{IST}	RENDIMIENTO DE LA INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA
REN_{MED}	RENDIMIENTO MEDIO
REN_{OPT}	RENDIMIENTO OPTICO
SEA	SISTEMA DE ENERGÍA AUXILIAR
SEC	SECUNDARIO, CIRCUITO
S_{VP}	SUPERFICIE DEL VASO DE UNA PISCINA
T	TEMPERATURA
T_{AC}	TEMPERATURA DE AGUA CALIENTE
T_{AD}	TEMPERATURA AMBIENTE DIARIA
T_{AF}	TEMPERATURA DE ABASTECIMIENTO O DE ENTRADA DE AGUA FRÍA
T_{AMB}	TEMPERATURA AMBIENTE
T_{AMBEXT}	TEMPERATURA AMBIENTE EXTERIOR
T_{AMBINT}	TEMPERATURA AMBIENTE INTERIOR
T_{AP}	TEMPERATURA DEL AGUA DEL VASO DE LA PISCINA
T_{CE}	TEMPERATURA LADO CALIENTE ENTRADA
T_{D}	TEMPERATURA DE DISTRIBUCIÓN DEL AGUA CALIENTE SANITARIA
T_{FE}	TEMPERATURA LADO FRIO ENTRADA
T_{FS}	TEMPERATURA LADO FRIO SALIDA
T_{MAX}	TEMPERATURA MÁXIMA
T_{MIN}	TEMPERATURA MÍNIMA
T_{NOM}	TEMPERATURA NOMINAL
T_{P}	TEMPERATURA DE PREPARACIÓN DEL AGUA CALIENTE SANITARIA
T_{REF}	TEMPERATURA DE REFERENCIA
T_{U}	TEMPERATURA DE USO DEL AGUA CALIENTE SANITARIA
VA_{TOT}	VOLUMEN DE ACUMULACIÓN SOLAR TOTAL
VC_{TOT}	VOLUMEN TOTAL DE UN CIRCUITO
VE_{DIL}	VOLUMEN DE DILATACIÓN (DEL SISTEMA DE EXPANSIÓN)
VE_{GAS}	VOLUMEN DE GAS (DEL SISTEMA DE EXPANSIÓN)
VE_{NOM}	VOLUMEN NOMINAL (DEL SISTEMA DE EXPANSIÓN)
VE_{RES}	VOLUMEN DE RESERVA (DEL SISTEMA DE EXPANSIÓN)
VE_{UTI}	VOLUMEN UTIL O DE LÍQUIDO (DEL SISTEMA DE EXPANSIÓN)
VE_{VAP}	VOLUMEN DE VAPOR (DEL SISTEMA DE EXPANSIÓN)
V_{VP}	VOLUMEN DEL VASO DE UNA PISCINA